

# **Aproveitamento de subprodutos do processamento de Abacaxi**

**Luís Miguel dos Santos Ribeiro**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos**

Orientadores: Doutora Anabela Raymundo

Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa

**Júri:**

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa, Professora Associada com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora

Doutora Marta Maria Moniz Nogueira de Abreu, Investigadora Auxiliar do Instituto Nacional de Investigação Agrária, I.P.

Lisboa, 2015

## Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com o apoio, direto e indireto, de algumas pessoas e estabelecimentos, às quais gostaria de expressar algumas palavras de agradecimento e particular reconhecimento:

- À Professora Doutora Anabela Raymundo, por todo o apoio e orientação que foram importantíssimos para a realização deste trabalho.
- À Professora Isabel Sousa pelos conselhos e disponibilidade mostrados, pois revelaram-se muito importantes no desenvolvimento deste trabalho.
- Ao Mestre Daniel Duarte e à Mestre Diana por todo o apoio que me deram no laboratório e por todos os conselhos que me permitiram desenvolver o meu trabalho laboratorial.
- Ao Engº Nuno Ribeiro da “Nuvi Fruits” pelo apoio e disponibilidade para ajudar na realização deste trabalho.
- Ao Miguel Martins Pela determinação do teor de minerais
- À Patrícia Fradinho pela disponibilidade em esclarecer as minhas dúvidas e ajudar no laboratório.
- Aos meus amigos e colegas, por toda a colaboração, força, amizade e companheirismo.
- Ao David Francisco, ao Miguel Leal, ao Wilson Patrocínio e ao Ricardo Santos por toda a amizade e companheirismo que foram muito importantes para conseguir não estar tão stressado.
- Aos meus pais por estarem cá sempre para não me deixar ir abaixo e por tudo o que têm feito por mim ao longo da minha vida.
- E por último, à pessoa mais importante, a Patrícia Silva que foi a pessoa que me apoiou sempre em tudo e que esteve sempre cá para mim, até nos momentos mais difíceis em que eu estava insuportável. Obrigada por todo o apoio, tem sido mesmo muito importante para mim.

.

## Resumo

O presente trabalho teve como principais objectivos o desenvolvimento de polpas de abacaxi (*Ananas Comosus*) com diferentes teores de ácido ascórbico (0 a 1,2%) e o estudo da sua estabilidade ao longo do tempo em ambiente de congelação. Pretende-se ainda estudar a estabilidade do sumo extraído da casca de abacaxi ao longo do tempo e proceder ao desenvolvimento de uma bebida à base de casca de abacaxi. Foram determinados vários parâmetros como o pH, °Brix, acidez total, compostos fenólicos, actividade antioxidante (DPPH), cor e textura (TPA) para as polpas e para o sumo. Foram realizadas provas sensoriais para as polpas que foram elaboradas em duas versões, uma sem ácido ascórbico e outra com 1,2% de ácido ascórbico para verificar se os provadores notavam diferença na acidez. Os resultados revelaram que as polpas com mais ácido ascórbico (1,2%) foram as mais estáveis ao longo do tempo, isto é, a concentração de ácido ascórbico teve influência na conservação das polpas. Os provadores notaram diferença na acidez das polpas e consideraram que as polpas com 1,2% de ácido ascórbico eram muito ácidas. Também foram feitas provas sensoriais para encontrar a concentração ideal de sumo de casca de abacaxi a usar na formulação da bebida. O sumo extraído das cascas de abacaxi tinha um pH superior e um °Brix inferior relativamente ao da polpa. Para além disso tem um teor de compostos fenólicos mais elevado e uma actividade antioxidante moderada. Houve um ligeiro escurecimento do sumo ao longo do tempo que pode ser explicado por esta actividade antioxidante moderada. Através da prova sensorial verificou-se que a formulação ideal da bebida teria 30% de concentração de sumo da casca de abacaxi.

**Palavras-chave:** abacaxi, ácido ascórbico, sumo, polpa, estabilidade, casca.

## **Abstract**

The objectives of this work were the development of pulps with different levels of ascorbic acid and the study of their stability over time in freezing environment, as well as the study of the juice extracted from pineapple peel stability over time and proceed with the development of a pineapple peel based beverage. Studies have been conducted to measure the pH, ° Brix, total acidity, phenolic, antioxidant activity (DPPH), color and texture (TPA) to the pulp and juice. Sensory tests were conducted for the pulps where two pulps were prepared, with and without ascorbic acid to verify if the tasters perceived a difference in acidity. The results showed that pulps with ascorbic acid (1.2%) were the most stable over time, that is, the ascorbic acid concentration influenced the stability of the pulp over the time. The tasters noted a difference in acidity of the pulp and consider that the pulps with 1.2% ascorbic acid were too acidic. Also sensory tests to find the optimal concentration of pineapple peel juice to use in the formulation of the drink were made. The juice extracted from pineapple peel had an upper pH and a lower °Brix relative to the pulp. Furthermore it has a higher content of phenolic compounds and a moderate antioxidant activity. There was a slight browning of the juice over time that can be explained by moderate antioxidant activity. Through sensory test it was found that the ideal formulation would accommodate 45% concentration of pineapple juice from peel in the developed drink.

**Key-words:** pineapple, ascorbic acid, juice, pulp, stability, peel.

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Rendimento da produção de abacaxi de acordo com o processo da empresa “Nuvi fruits” .....	12
Tabela 2 – Composição nutricional do abacaxi processado na empresa “Nuvi fruits” .....	14
Tabela 3 – Anova realizada para os valores de pH obtidos para as polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 0) .....	47
Tabela 4 – Anova realizada para os valores de pH obtidos para as polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 68) .....	48
Tabela 5 – Anova realizada para os valores de acidez total obtidos para as polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 0).....	50
Tabela 6 – Anova realizada para os valores de acidez total obtidos para as polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 68).....	51
Tabela 7 – Anova realizada para os valores de °Brix obtidos para as polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 0).....	53
Tabela 8 – Anova realizada para os valores de °Brix obtidos para as polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 68).....	54
Tabela 9 – Compostos fenólicos das polpas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no tempo 0 e no tempo 68 (Mg de equivalente de ácido gálico por 100 gramas de massa seca)..	55
Tabela 10 – Actividade antioxidante das polpas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no tempo 0 (µmol de trolox por gr de massa seca) .....	56
Tabela 11 – Ajuste da equação de uma reta à variação de L* ao longo do tempo para os teores de 0,9 e 1,2% de ácido ascórbico adicionado .....	57
Tabela 12 – Compostos fenólicos do sumo da casca de abacaxi no tempo 0 e no tempo 67 (Mg de equivalente de ácido gálico por 100 gr de massa seca) .....	65
Tabela 13 – Actividade antioxidante do sumo da casca de abacaxi no tempo 0 (µmol de trolox por gr de massa seca) .....	66

## Índice de Figuras

Figura 1 – Abacaxi embalado da “My nutry” (à esquerda) e ananás desidratado da “Frubis” (à direita) .....	12
Figura 2 – Estrutura básica do cátium flavium .....	17
Figura 3 – Estrutura química do isopropeno .....	19
Figura 4 – Degradação dos carotenóides em $\alpha$ e $\beta$ -ionona .....	21
Figura 5 – Processo de oxidação da vitamina C .....	22
Figura 6 – Utilização industrial do fruto .....	29
Figura 7 – Fluxograma de preparação do sumo simples preservado e pasteurizado .....	32
Figura 8 – Diagrama de produção de polpas com diferentes teores de ácido ascórbico .....	38
Figura 9 – Diagrama de produção de sumo de casca de abacaxi .....	39
Figura 10 – Curva de calibração do ácido gálico .....	41
Figura 11 – Estabilização do radical DPPH na presença de um antioxidante .....	42
Figura 12 – Curva de calibração do trolox .....	43
Figura 13 – Texturograma de um teste de perfil de textura .....	44
Figura 14 – Variação do pH das polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) ao longo de um período de 68 dias .....	46
Figura 15 – Variação da acidez total das polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) ao longo de um período de 68 dias.....	49
Figura 16 – Variação do °Brix das polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) ao longo de um período de 68 dias .....	52
Figura 17 – Variação da variável $L^*$ das polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico adicionado ao longo do período de 68 dias .....	57
Figura 18 – Variação da variável $C^*$ (saturação) das polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico adicionado ao longo do período de 68 dias .....	58

Figura 19 – Variação da variável $h^0$ (tonalidade) das polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico adicionado ao longo do período de 68 dias .....	59
Figura 20 – Texturograma obtido na realização do teste TPA (texture profile analysis) .....	60
Figura 21 – Comparação entre os valores de firmeza de uma polpa refrigerada e de uma polpa congelada .....	60
Figura 22 – Comparação entre os valores de adesiividade de uma polpa refrigerada e de uma polpa congelada .....	62
Figura 23 – Avaliação sensorial das polpas sem adição de ácido ascórbico (0%AA) e com nível máximo (1,2%AA) .....	62
Figura 24 – Variação do pH do sumo da casca do abacaxi ao longo de um período de 77 dias .....	63
Figura 25 – Variação da acidez total do sumo da casca do abacaxi ao longo de um período de 77 dias .....	64
Figura 26 – Variação do °Brix do sumo da casca do abacaxi ao longo de um período de 77 dias .....	65
Figura 27 – Sumo da casca de abacaxi no tempo 0 à esquerda e no tempo 77 à direita .....	67
Figura 28 – Variação da variável $L^*$ (luminosidade) do sumo da casca de abacaxi ao longo de um período de 77 dias .....	67
Figura 29 – Variação da variável $C^*$ (saturação) do sumo da casca de abacaxi ao longo de um período de 77 dias .....	68
Figura 30 – Variação da variável $h^0$ (tonalidade) do sumo da casca de abacaxi ao longo de um período de 77 dias .....	68
Figura 31 – Avaliação sensorial da cor geral das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia) .....	70
Figura 32 – Avaliação sensorial da acidez das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia) .....	71
Figura 33 – Avaliação sensorial do sabor doce das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia) .....	71
Figura 34 – Avaliação sensorial da apreciação global das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia) .....	72

Figura 35 – Avaliação sensorial da intenção de compra das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia) .....	73
Figura 36 – Avaliação sensorial da cor geral das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo da casca de abacaxi .....	74
Figura 37 – Avaliação sensorial da acidez das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo da casca de abacaxi .....	75
Figura 38 – Avaliação sensorial do sabor doce das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo da casca de abacaxi .....	76
Figura 39 – Avaliação sensorial da apreciação global das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo da casca de abacaxi .....	76
Figura 40 – Avaliação sensorial da intenção de compra das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo da casca de abacaxi .....	77



## ÍNDICE

Agradecimentos .....	1
Resumo .....	2
Abstract .....	3
Índice de tabelas.....	4
Índice de Figuras .....	5
<b>Capítulo I – Enquadramento teórico.....</b>	<b>11</b>
1. Introdução .....	11
2. Aspectos botânicos.....	13
3. Composição e interesse nutricional .....	14
4. Maturação .....	16
5. Compostos bioativos .....	16
5.1. Compostos fenólicos .....	17
5.2. Carotenóides .....	18
5.3. Ácido ascórbico.....	21
6. Processos degradativos dos compostos bioativos dos hortofrutícolas. Implicações e processos de conservação.....	24
6.1. Degradação enzimática .....	25
6.2. Degradação microbiológica.....	26
7. Aproveitamento dos Produtos e dos Subprodutos .....	28
7.1. Polpas.....	29
7.2. Sumos.....	30
7.3. Compota.....	33
7.4. Preparação de fertilizantes: Torta .....	34
7.5. Farinha e Amido.....	35
7.6. Bromelaína.....	35
7.7. Produtos preparados e submetidos ao frio.....	35
7.8. Abacaxi cristalizado.....	36
7.9. Geleia .....	36
<b>Capítulo II – Desenvolvimento experimental .....</b>	<b>37</b>
8. Materiais e Métodos .....	37
8.1. Materiais.....	37
8.2. Processamento das polpas.....	38
8.3. Processamento da bebida à base de casca de abacaxi .....	38

8.4. Métodos analíticos.....	40
8.4.1. Determinação de humidade.....	40
8.4.2. Determinação do teor de cinza .....	40
8.4.3. Determinação da componente mineral.....	40
8.4.4. Determinação do pH .....	41
8.4.5. Determinação do teor de Sólidos Solúveis .....	41
8.4.6. Determinação da acidez total titulável .....	41
8.4.7. Determinação dos compostos fenólicos .....	41
8.4.8. Determinação da actividade antioxidante.....	42
8.4.9. Determinação objectiva da cor.....	43
8.4.10. Avaliação de textura das polpas: TPA.....	44
8.4.11. Análise Sensorial.....	45
9. Resultados e discussão .....	45
9.1. Polpas à base de abacaxi .....	45
9.1.1. pH.....	45
9.1.2. Acidez Total.....	49
9.1.3. Teor de Sólidos Solúveis.....	52
9.1.4. Compostos fenólicos.....	55
9.1.5. Actividade antioxidante (DPPH) .....	56
9.1.6. Cor .....	56
9.1.7. Avaliação da textura das polpas (TPA).....	59
9.1.8. Análise Sensorial.....	61
9.2. Bebida à base de casca de abacaxi .....	62
9.2.1. pH.....	63
9.2.2. Acidez Total .....	63
9.2.3. Teor de Sólidos Solúveis.....	64
9.2.4. Compostos Fenólicos .....	65
9.2.5. Actividade antioxidante (DPPH) .....	66
9.2.6. Cor .....	66
9.2.7. Análise Sensorial.....	69
9.2.7.1. Bebida com açúcar e stevia .....	69
9.2.7.2. Bebidas com 30, 45 e 60% de sumo de casca de abacaxi.....	73
<b>Capítulo III – Conclusões Gerais .....</b>	<b>78</b>
<b>Capítulo IV – Bibliografia.....</b>	<b>79</b>

Cibergrafia .....	88
Anexos .....	88

# Capítulo I – Enquadramento teórico

## 1. Introdução

O aumento da consciencialização por parte do consumidor relativamente à importância do consumo de alimentos saudáveis na prevenção de doenças e melhoria da qualidade de vida, tem promovido o aumento do consumo de frutos, hortícolas e produtos derivados (Müller et al., 2010; Tiwari et al., 2011).

De um modo geral, os consumidores preferem adquirir alimentos de elevada qualidade com características próximas dos frutos e hortícolas frescos, seguros e sem adição de conservantes (Allende et al., 2006; Cortés et al., 2008).

Os resíduos gerados pela indústria alimentar têm sido um problema à escala mundial, e segundo dados da FAO (2007), a partir do total de frutas processadas para a produção de sumos e polpas são gerados cerca de 40 a 50% de resíduos agro-industriais. Nos últimos anos, a capacidade de processamento das agro-indústrias tem aumentado e com isso a quantidade de resíduos gerada é cada vez maior, sendo que esse aumento de produção vai originar a acumulação de resíduo aumentando os custos operacionais, uma vez que este material requer destino apropriado.

A realização desta Dissertação de Mestrado teve como base o pedido da empresa “Nuvi Fruits” que é uma empresa que transforma frutos em produtos de 4ª gama e em desidratados para venda ao consumidor final. O trabalho foi realizado de acordo com os requisitos específicos da empresa e com o objectivo de responder a uma problemática concreta associada à sua atividade.

O abacaxi é o principal fruto processado pela “Nuvi Fruits” sendo que equivale a cerca de 80% da produção total da empresa. Destes 80%, uma parte vai para a produção de produtos de 4ª gama e outra parte vai para a produção dos desidratados da marca frubis (figura 2).



**Figura 1 – Abacaxi embalado da My nutry (esquerda) e ananás desidratado da Frubis (direita).**

A empresa solicitou a realização de um estudo relativamente ao aproveitamento de subprodutos do abacaxi, visto que os resíduos gerados pela produção do mesmo atingem os 50% como podemos ver na tabela 1. Esses resíduos são as cascas, o talo e a parte vegetativa, sendo distribuídos para alimentação animal sem qualquer tipo de retorno económico. Sendo assim, o objectivo da empresa é encontrar formas para poder aproveitar esses subprodutos, acrescentando-lhes valor e maximizando o retorno financeiro do produto.

**Tabela 1 – Rendimento da produção de abacaxi de acordo com o processo da “Nuvi Fruits”.**

Entrou	Saiu	Rendimento	Resíduos
300 kg	140 kg	47%	53%

Foi realizado um estudo para saber quais as várias formas de aproveitamento destes resíduos. Por indicação da empresa estudaram-se as condições de produção de polpas e de produção de sumo a partir da casca. Efectuou-se um estudo em polpas com diferentes teores de ácido ascórbico (0%, 0,3%, 0,6%, 0,9% e 1,2%) adicionado como mais uma alternativa à actual produção da empresa. Estas polpas não seriam para vender directamente ao consumidor final mas sim a outras indústrias que utilizem polpas de frutas nos seus produtos. Trata-se de uma lógica de mercado em que a empresa quer apostar.

Também se efectuou um estudo relativamente a um possível aproveitamento do sumo extraído das cascas do abacaxi para a formulação de uma bebida à base de sumo de casca de abacaxi. Este produto foi caracterizado em termos físico-químicos e foram estabelecidas algumas formulações de bebidas. Estas bebidas foram avaliadas

sensorialmente por um painel da empresa, tendo em vista o desenvolvimento de uma formulação base a ser trabalhada num futuro próximo.

Atendendo a que tenho a possibilidade de continuar a colaborar com a empresa através de um estágio profissional irei ter possibilidade de dar continuidade ao trabalho da tese.

Este trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos. No capítulo 1 faz-se um enquadramento teórico do tema, no capítulo 2 é realizado o desenvolvimento experimental, no capítulo 3 é realizada a conclusão da dissertação e nos capítulos 4 e 5 encontra-se a bibliografia e a cibergrafia, respectivamente.

## 2. Aspectos botânicos

O Abacaxi (*Ananas Comosus*, (L.) Merrill) é uma planta herbácea, perene, o talo em forma de clava curta e grossa, com 20 a 30 cm de comprimento, por 2,5 a 3,5 cm de largura na base e de 5,5 a 6,5 cm abaixo do meristema terminal.

Uma planta adulta possui entre 68 e 82 folhas, inseridas no talo com a disposição em forma de roseta. A forma das folhas varia de acordo com a sua posição na planta. As folhas adultas são longas, condiformes (cuneiformes, em forma de cunha), carnosas, fibrosas, recurvadas e estão dispostas em densa espiral dextrogira (para a direita) ou levogira (para a esquerda), apresentam-se em formas lanceoladas, com uma constrição ou estreitamento próximo à sua base. As plantas têm espinhos apenas nas extremidades das suas folhas como no caso da cultivar Caiena liso, com folhas totalmente espinhosas na maioria dos cultivares e com folhas totalmente sem espinhos ou inermes, nos cultivares Rondon e Perolera.

A espécie *Ananas Comosus*, (L.) Merrill apresenta diferentes tipos de muda, sendo eles a muda da coroa do fruto, filhote, filhote-rebento, rebento-lateral e rebento-enraizado ou rebentão. Tem as brácteas florais pouco salientes ou aparentes, não imbricadas, distantes, nem cobrindo os ovários na maturação. O fruto é grande, com comprimento superior a 15 cm, de pedúnculo forte, geralmente curto. A polpa do fruto tem uma coloração variável, é muito succulenta, agradável e geralmente sem sementes (Manica, 1999).

### 3. Composição e interesse nutricional

Tabela 2 – Composição nutricional do abacaxi processado na empresa “Nuvi Fruits”.

Informação nutricional média por 100g de produto		%DR (dose de referência)
Valor energético – kj	224,15	2,67%
Kcal	53,5	2,68%
Lípidos	0,1275	0,18%
Ácidos gordos saturados	0,02875	0,14%
Hidratos de Carbono	13,35	5,13%
Açúcares	11,525	12,81%
Proteína	0,375	0,75%
Sal	0,0005	0,01%

Fonte: Departamento de qualidade da “Nuvi Fruits”

A composição nutricional do abacaxi depende muito da espécie, da época do ano, do clima, do solo, das técnicas de cultivo utilizadas e do ponto de colheita. Por exemplo, uma espécie que amadureça no Inverno tem um maior teor de acidez e menor teor de açúcar, enquanto que se o fruto amadurecer no Verão tem um menor teor de acidez e um maior teor de açúcar (Manica, 1999).

O fruto tem um desenvolvimento desigual e apresenta uma grande diferença na composição química das suas partes, isto é, entre a base, a parte intermediária, o cume, a polpa, o cilindro central e a casca do fruto (Manica, 1999).

A infrutescência (conjunto de frutos pequenos originados de muitas flores separadamente) desenvolve-se, em espiral, da base do abacaxi até ao topo, ou seja, os frutos de pequena dimensão da base são fisiologicamente mais velhos do que os localizados no cume do abacaxi. O valor nutritivo do abacaxi está relacionado com a presença de açúcares solúveis que fornecem energia, e com a presença de várias vitaminas e sais minerais, mas apresenta um baixo teor de lípidos e proteínas. Entre os compostos não voláteis do fruto encontram-se os açúcares, os taninos e os ácidos orgânicos (Manica, 1999).

A qualidade do abacaxi está relacionada com os açúcares e ácidos orgânicos presentes no fruto, que estão distribuídos de uma forma irregular ao longo do fruto. A base do fruto é mais doce, uma vez que contém uma maior quantidade de açúcares do que o topo, e a parte média do fruto tem uma maior concentração de açúcares do que o cilindro central e a zona próxima da casca. A percentagem de sólidos solúveis do abacaxi é variável mas os açúcares representam cerca de 90% da matéria seca do

fruto. Os açúcares presentes no fruto podem ser divididos em açúcares redutores e não redutores, sendo que os redutores, como a frutose e glucose, representam 1/3 dos açúcares totais, e os não redutores, como a sacarose, representam 2/3 dos açúcares totais (Manica, 1999).

A acidez do abacaxi pode variar de acordo com clima, o solo, o local de produção, os fertilizantes, o tamanho do fruto, e a estação e ponto de colheita. Os principais ácidos presentes no fruto são o ácido cítrico que representa cerca de 60 a 87% da acidez total do fruto maduro, o ácido málico que representa cerca de 13 a 36% e ácido sucínico e o ácido oxálico que são residuais. A acidez aumenta da base para o cume e, acima de tudo, do interior para o exterior. A adubação com potássio pode ser responsável por um aumento da acidez do fruto, enquanto que, se o amadurecimento ocorrer no Verão a acidez fica muito baixa, impedindo que o fruto seja utilizado na indústria para a preparação de produtos de primeira qualidade (Manica, 1999).

O sabor do fruto depende sobretudo da concentração de açúcares e de ácidos orgânicos, que depende do local de cultivo, da espécie e da época do amadurecimento. O aroma do fruto resulta da presença de vários constituintes voláteis (cerca de 59 componentes), sendo que os principais são os ésteres, os compostos de acetato de etilo, de acetaldeído e de acetato de metilo, e os álcoois. Ainda estão por identificar os compostos de maior massa molecular que são responsáveis pelo aroma típico dos frutos (Manica, 1999).

Os constituintes azotados do abacaxi variam com o grau de maturação do fruto e os aminoácidos livres, tais como a asparagina e a alanina, representam cerca de 0,33% do peso do fruto. **A bromelaína** é uma enzima proteolítica que decompõe as proteínas simples em aminoácidos e constitui mais de metade das proteínas do fruto, embora também existam outros sistemas enzimáticos como a pectina metil-esterase, a poligalacturonase, a ascorbato-oxidase, e sobretudo, a peroxidase (Manica, 1999).

As cinzas representam cerca de 0,40% a 0,60% do peso total do fruto, sendo que o potássio é um dos principais minerais e participa no metabolismo dos glucídeos e na formação de ácidos orgânicos. Em menores quantidades aparecem, normalmente, o magnésio e o cálcio (Manica, 1999).

A polpa tem na sua constituição carotenos (corantes), que são provitaminas insolúveis em água e várias vitaminas hidrossolúveis, tais como a tiamina (vitamina B<sub>1</sub> ou aneurina), a niacina (vitamina B<sub>3</sub>, ácido nicotínico ou nicotinamida), a riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>), o ácido ascórbico (vitamina C) e o ácido pantotênico (vitamina B<sub>5</sub>) (Manica, 1999).



## 4. Maturação

Através das transformações físicas e bioquímicas verificadas durante o desenvolvimento do fruto do cultivar Caiena liso foram estabelecidas as fases do amadurecimento que são a fase de desenvolvimento, a fase de pré-maturação, a fase de maturação, a maturação final e a fase de senescência.

A fase de desenvolvimento é o período do final do florescimento ao amadurecimento do fruto, na qual se formam novos tecidos, adquire a sua forma típica, ocorrem transformações químicas e tem a duração de 110 dias.

Na pré-maturação ocorre um aumento celular extensivo no desenvolvimento do fruto, após a sua formação, até à metade do intervalo entre a floração e a colheita.

A fase de maturação é aquela em que o fruto chega ao completo crescimento e ao máximo das suas qualidades nutritivas. O início da maturação caracteriza-se pelo declínio do pH da casca, aumento do Brix e acidez e pelo nível estável de pigmentos da polpa. Esta fase dura entre 42 e 49 dias.

A maturação final está inserida nos últimos 14 a 21 dias da fase de maturação. O fruto adquire a sua máxima palatabilidade e características visuais, com mudanças químicas através da perda da cor verde, desaparecimento da clorofila, aparecimento dos carotenóides e xantofilas, diminuição do pH até ao valor mínimo (volta a subir depois com a acumulação de ésteres voláteis), aumento do °Brix da polpa e da casca e início do declínio da acidez.

Na fase de senescência o fruto pára de crescer e aparecem os processos bioquímicos de envelhecimento, podendo ocorrer antes ou depois da colheita do fruto (Gortner et al., 1967).

## 5. Compostos bioativos

De acordo com a European Food Information Resource Network, os compostos bioativos são substâncias não nutritivas produzidas pelos produtos vegetais que favorecem a saúde ajudando na prevenção e combate às doenças (Gry et al., 2007).

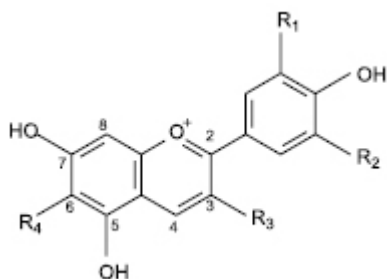
Os radicais livres contribuem para a propagação de doenças crónicas degenerativas (Bray, 2000), e o seu desenvolvimento no nosso organismo deve-se às condições ambientais, processos inflamatórios, processos metabólicos, à radiação (infravermelhos e ultravioleta) e à irradiação com chumbo (Lachance et al., 2001; Halliwell, 2006). Um elevado nível destes radicais pode provocar cancro, envelhecimento da pele e stress oxidativo (Sander et al., 2004).

Para se proteger destes ataques o corpo humano desenvolveu uma protecção natural que promove uma interacção sinérgica entre vitaminas, carotenóides, enzimas

e outras substâncias, que funcionam como uma corrente protetora para evitar a acção destrutiva dos radicais livres (Meinke et al., 2010). O stress oxidativo é causado pelas espécies reativas de oxigénio que são produzidas pela normal actividade metabólica e pelo estilo de vida. Os efeitos nocivos deste stress oxidativo são minimizados através do consumo de antioxidantes (Rao & Rao, 2007). As clorofilas e os carotenóides são muito importantes na prevenção de várias doenças associadas ao stress oxidativo, como as doenças crónicas, as doenças cardiovasculares e o cancro (Sangeetha & Baskaran, 2010).

## 5.1. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias que pertencem a um grupo de metabolitos secundários distribuídos pelo reino vegetal (Treutter, 2005; Hagen et al., 2009). Este grupo inclui os compostos bioactivos que possuem uma elevada capacidade antioxidante (Wolfe et al., 2003; Li et al., 2011), que são benéficos para a saúde, e que estão presentes em frutas, legumes, plantas medicinais, grãos e outras sementes (Halliwell & Gutteridge, 1999). Encontram-se divididos em vários subgrupos, que são os ácidos, o ácido benzóico, antocianinas (figura 2), flavonas, flavonóis, flavonóides e dihidroflavonóis (Treutter, 2005).



**Figura 2 – Estrutura básica do catião flavium (Guimarães et al, 2012).**

Os compostos fenólicos são responsáveis por impedir, através de efeitos biológicos, a oxidação das proteínas de baixa densidade, apresentam capacidades anti carcinogénicas e antimicrobianas, e retardam o vírus de imunodeficiência humana (SIDA) (Cadenas & Packer, 2002; Chun et al., 2005). O interesse nestes compostos está relacionado com o facto de desempenharem um papel importante na prevenção de doenças degenerativas, tais como o cancro e as doenças cardiovasculares (Kroon & Williamson, 2005).

A importância da capacidade antioxidante tem vindo a aumentar devido às funções e ao interesse destes antioxidantes naturais em sistemas alimentares e biológicos. Estes antioxidantes podem atuar contra as espécies reativas de oxigénio

por diferentes mecanismos (Othman et al., 2008). Os radicais livres são moléculas com elétrons não emparelhados e a sua oxidação contribui para a diminuição de muitos problemas de saúde, como o cancro, as doenças cardiovasculares, o envelhecimento e os problemas inflamatórios (Kehrer, 1993). Os antioxidantes são agentes que podem limitar os efeitos nocivos das reações de oxidação ou dos radicais livres, prevenindo a sua formação ou eliminando-os sem causar danos às nossas células (DiSilvestro, 2001). Para além disso também podem prevenir ou tornar mais lenta a degradação oxidativa dos lípidos, dos ácidos nucleicos e das proteínas através das espécies reativas de oxigénio (Insel et al., 2002).

## 5.2. Carotenóides

A palavra carotenóides teve a sua origem no nome científico da cenoura *Daucus carota* L.. Os carotenóides são pigmentos com cores situadas no intervalo entre o amarelo e o vermelho que se encontram em abundância na Natureza, junto das clorofilas presentes nas plantas e nos microrganismos. Os animais não sintetizam carotenóides, mas podem obtê-los a partir da ingestão de alimentos onde eles estejam presentes (Quirós et al., 2006; Ribeiro & Seravalli, 2007). As suas funções biológicas e fisiológicas motivaram o interesse no estudo destes compostos (Berg et al., 2000). Os frutos e os hortícolas são a maior fonte de carotenóides na alimentação humana (Johnson, 2002).

Os carotenóides estão associados a critérios de qualidade dos alimentos, como por exemplo a cor, mas tem de se ter em conta que podem sofrer alterações com o processamento dos alimentos (Chen et al., 1995). A quantidade e o tipo de carotenóides presentes nas frutas e hortícolas dependem de vários factores tais como o grau de maturação, a variedade genética, o manuseamento pós-colheita, o processamento e o armazenamento (Quirós et al., 2006).

Os carotenóides têm uma estrutura básica que é constituída por oito unidades de isopreno (figura 3) ligadas de tal forma que ocorre uma reversão na parte central da molécula e os dois grupos metílicos centrais ficam separados por três carbonos (Ribeiro & Seravalli, 2007). Já foram identificadas e isoladas mais de 600 espécies a partir de fontes naturais (Pfander, 1987; Rao & Rao, 2007), que se encontram divididas em carotenos e xantofilas (Quirós et al., 2006; Ribeiro & Seravalli, 2007).

Os carotenos são compostos constituídos por hidrogénio e carbono enquanto que as xantofilas são originadas através da oxidação dos carotenos em hidrocarbonetos oxigenados, ocorrendo a formação dos grupos carboxilo, metoxilo, hidroxilo e cetona (Quirós et al., 2006; Ribeiro & Seravalli, 2007). Os carotenóides apresentam uma estrutura com um sistema de duplas ligações conjugadas que

[illegible]

São produzidas grandes quantidades de carotenóides durante a maturação dos frutos, na presença de luz, sendo que as xantofilas e o  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno são os mais comuns (Ribeiro & Seravalli, 2007). Os precursores da vitamina A encontram-se em alguns carotenóides e são designados por pró-vitamina A (Olson, 1994; Paiva & Russel, 1999). Só os carotenóides que possuem a estrutura cíclica da  $\beta$ -ionona têm actividade de pró-vitamina A, encontrando-se duas molécula de pró-vitamina A no  $\beta$ -caroteno e uma molécula no  $\alpha$ -caroteno (Ribeiro & Seravalli, 2007). Apesar de não existir uma ingestão diária recomendada de vitamina A, é aconselhada a ingestão de cerca de 700 a 1000 mg por dia (Murkovic et al., 2002).

Os carotenóides são compostos solúveis em gordura, por serem apolares e interagem com os lípidos que se encontram nos alimentos (Quirós et al., 2006). Para além disso são solúveis em solventes orgânicos que perdem a cor por oxidação e que

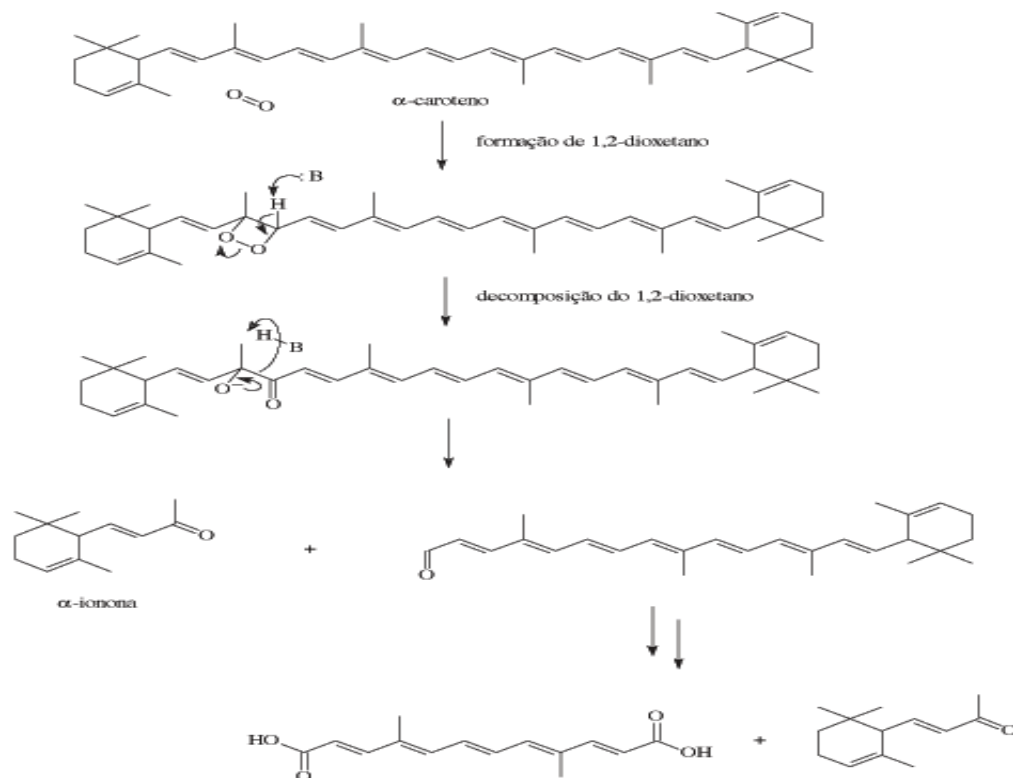
são facilmente isomerizados pela luz, pelo ácido ou pelo calor (Ribeiro & Seravalli, 2007).

As duplas ligações podem ter a forma *cis* ou *trans*, sendo que a forma *trans* é a mais frequente na Natureza. Se os compostos tiverem todas as ligações na forma *trans* apresentam uma cor mais escura, mas um aumento das ligações *cis* promove o aparecimento de uma cor mais clara (Ribeiro & Seravalli, 2007).

As duplas ligações presentes na cadeia de carbono fazem com que os carotenóides sejam mais sensíveis a algumas reacções como a isomerização (*cis-trans*) e a oxidação durante o processamento e armazenamento de alimentos devido à presença de oxigénio, ácidos, calor e luz que causam uma perda de cor e redução da actividade biológica (Rodriguez-Amaya, 1999; Rao & Rao, 2007; Ribeiro & Seravalli, 2007).

Existem outros factores que afetam a estabilidade dos carotenóides, sendo eles a sua estrutura molecular, a presença de metais, o tratamento térmico, a exposição da luz, a concentração de oxigénio, a estrutura do alimento, entre outros, acabando por serem responsáveis pela rejeição dos produtos por parte do consumidor (Rodriguez-Amaya, 1999). Os carotenóides apresentam vantagens relativamente a outros pigmentos, uma vez que não são afectados pela presença de ácido ascórbico ou por ciclos de congelação ou aquecimento. Os carotenóides adquiriram uma importância elevada na alimentação devido às suas propriedades benéficas para a saúde e porque os corantes artificiais foram proibidos (Gordon & Bouernfeind, 1982).

A principal causa de degradação dos carotenóides nos alimentos é a oxidação (figura 4) que ocorre devido ao elevado número de duplas ligações conjugadas que alteram a estabilidade do carotenóide (Britton, 1995; Ribeiro & Seravalli, 2007). A ocorrência de oxidações pode ser influenciada pela presença de calor, luz, pró-oxidantes quando se extraem os pigmentos ou quando os tecidos sofrem danos físicos. Os carotenóides são instáveis na maioria dos alimentos devido aos valores de pH que variam entre 3 e 6. Para além disso também podem sofrer oxidação através de uma forma indirecta, isto é, através da enzima lipoxigenase que catalisa a oxidação de ácidos gordos insaturados para a produção de peróxidos que reagem com os carotenos (Ribeiro & Seravalli, 2007).



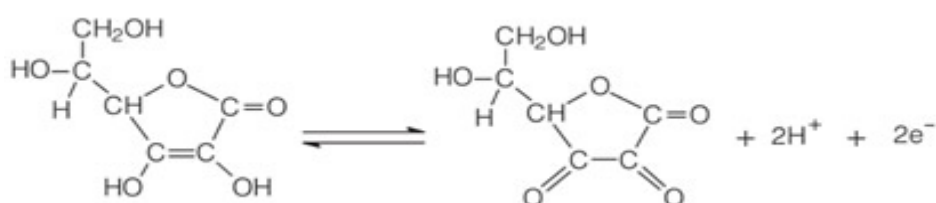
**Figura 4 – Degradação dos carotenóides em  $\alpha$  e  $\beta$ -ionona (Lima, 2004).**

### 5.3. Ácido ascórbico

O ácido ascórbico é um antioxidante natural presente nos hortofrutícolas e pode ser usado como aditivo alimentar, visto que se encontra autorizado pela Comissão Europeia (Regulamento (EU) nº 1129/2011 da Comissão de 11 de Novembro de 2011). É considerado uma das mais importantes vitaminas solúveis em água (Pénicaud et al., 2010).

A estabilidade química do ácido ascórbico, a vitamina C, é maior nos frutos do que nos hortícolas, devido ao fato de os frutos serem mais ácidos. É muito importante em processos bioquímicos tais como a absorção de ferro e cálcio e a formação de colagénio, e também está relacionado com a neuro transmissão e com as respostas imunes (Martinez, 1998; Davey et al., 2000). O ser humano não consegue sintetizar o ácido ascórbico, necessitando de ingerir frutas e hortícolas que são as suas principais fontes (Ming-Jun et al., 2008). O ácido ascórbico é sintetizado por muitas espécies a partir da D-Glicose ou da D-galactose, à excepção dos primatas e de algumas aves que não sintetizam este hidrocarboneto (Nishikimi & Yagi, 1991; Ribeiro & Seravalli, 2007).

Existem várias enzimas que têm como co-fator o ácido ascórbico que se encontra sob duas formas, a forma de ácido L-ascórbico (a sua forma reduzida) e ácido dehidroascórbico (forma oxidada) (Rizzolo & Polesello, 1992). O ácido L-ascórbico é a forma principal da vitamina biologicamente activa, sendo considerado um antioxidante bastante eficaz devido ao facto de ter um elevado poder de fornecer electrões e por ter a capacidade de se voltar a converter na forma activa reduzida (Davey et al., 2000; Jacob & Sotoudeh, 2002). O ácido ascórbico é estável quando se encontra no estado sólido, mas é facilmente oxidado a ácido L-dehidroascórbico (Figura 5) quando se encontra em solução aquosa. Isto ocorre devido à presença de um grupo, a redutona, que é um redutor forte. Este grupo atua como antioxidante em vários sistemas biológicos (Ribeiro & Seravalli, 2007). Para além de atuar com um antioxidante, o ácido ascórbico pode atuar como um pró-oxidante (Buettner, 1986).



**Figura 5 – Processo de oxidação de ácido L-ascórbico a ácido L-dehidroascórbico (Fiorucci et al., 2003).**

A oxidação reversível do ácido ascórbico para ácido L-dehidroascórbico ocorre na presença de luz, calor, iões metálicos ou em meio levemente alcalino (pH acima de 6), promovendo perda parcial da actividade do ácido ascórbico. Pode ainda ocorrer a oxidação irreversível do ácido dehidroascórbico a 2,3-ácido dicetoglucónico com perda da actividade. Pode ocorrer uma conversão deste ácido em ácido oxálico e ácidos L-treónicos que por sua vez se convertem em pigmentos escuros, sendo que a reacção é acelerada por iões metálicos ( $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$ ) num meio com teor de humidade reduzido. Uma contaminação com iões metálicos irá provocar um aumento da oxidação do ácido ascórbico em ácido dehidroascórbico, sendo que este é convertido em ácido dicetogulónico, que sofre desidratação e descarbolixação com formação de furfural. Os pigmentos escuros resultam da posterior reacção de polimerização. Quando não existem catalisadores o ácido ascórbico reage lentamente com o oxigénio (Ribeiro & Seravalli, 2007).

A aceleração da reacção de oxidação do ácido ascórbico ocorre devido à presença da peroxidase e da ácido ascórbico oxidase nos alimentos, sendo por isso necessária a sua inactivação para evitar perdas de ácido ascórbico. Para além disso, a polifenoloxidase pode promover a oxidação de compostos fenólicos em quinonas, que por sua vez oxidam o ácido ascórbico (Ribeiro & Seravalli, 2007). Pode ocorrer perda

de ácido ascórbico devido ao branqueamento que é um tratamento térmico utilizado para inactivar enzimas e que pode provocar perdas nutricionais e das propriedades antioxidantes (Gonçalves et al., 2007).

O pH influencia a velocidade da oxidação aeróbia, sendo que é mais rápida e a degradação é maior em meio alcalino (pH superior a 8) mas em meio muito ácido (pH inferior a 1,5) o ião hidrogénio promove a hidrólise do anel da lactona, isto é, catalisa a decomposição do ácido ascórbico. Posteriormente ocorre a formação de furfural e de ácidos devido à descarboxilação (Ribeiro & Seravalli, 2007).

A degradação química é responsável pelas perdas mais significativas de ácido ascórbico no processamento de alimentos. Estas perdas ocorrem através de reacções de escurecimento não enzimático e podem ser minimizadas através de um processo de congelação. Com a utilização de SO<sub>2</sub> o ácido dehidroascórbico forma produtos de adição que previnem a interrupção de formação de compostos carbonílicos e as reacções de escurecimento não enzimático (Ribeiro & Seravalli, 2007).

A destruição anaeróbica (ausência de oxigénio) do ácido ascórbico também é algo a ter em conta, pois a velocidade de reacção não está relacionada com o pH, excepto para valores entre os 3 e os 4, onde ocorre um ligeiro aumento na velocidade de oxidação. Na presença de frutose, frutose 6-fosfato, frutose 1,6 difosfato e frutose caramelizada pode ocorrer um aumento da velocidade de reacção com a produção de furfural e CO<sub>2</sub> (Ribeiro & Seravalli, 2007).

A concentração de ácido ascórbico presente em frutas e hortícolas varia de acordo com a variedade, com as condições de crescimento, com a maturação, com o manuseamento pós-colheita, com as condições de armazenagem (Ribeiro & Seravalli, 2007), com factores ambientais e com as técnicas agrícolas utilizadas (Dumas et al., 2003). É importante determinar a quantidade deste antioxidante presente nos alimentos, uma vez que em quantidades excessivas pode ser nocivo para o nosso organismo (Quirós et al., 2009).

De acordo com alguns estudos, as pessoas que ingerem quantidades apreciáveis de ácido ascórbico têm um menor risco de contraírem diabetes, cancro, doenças cardiovasculares, doenças neuro degenerativas ou envelhecimento (Davey et al., 2000; Jacob et al., 2002). Este antioxidante é muito importante em determinadas funções fisiológicas do nosso organismo, tais como a absorção de ferro, a síntese de polissacáridos e colagénio, o desenvolvimento neonatal e o metabolismo de aminoácidos aromáticos e esteróides (Hasegawa et al., 1993).

O ácido ascórbico é uma vitamina que previne e cura o escorbuto, uma vez que previne danos na integridade da estrutura celular, preserva a integridade capilar e promove a cicatrização dos ferimentos, contusões, hemorragias, fracturas e



sangramentos das gengivas. Para além disso o ácido ascórbico está relacionado com a absorção e armazenamento de ferro, com a formação de hemoglobina e participa em funções hormonais (Ribeiro & Seravalli, 2007).

O abacaxi (*Ananas comosus* L.) é um fruto com grande importância comercial devido ao seu sabor e aroma agradáveis. É um fruto com diversos benefícios para a saúde, visto que tem um valor bioactivo elevado associado aos compostos fenólicos, aos carotenóides e ao ácido ascórbico. Estes compostos são muito importantes, pois reduzem o risco de oxidação associado à presença de radicais livres e diminuem o risco de contrair doenças como cancro, doenças neurológicas e cardiovasculares (Rattanathanalerk et al., 2005; Collins & Harrington, 2002).

Do ponto de vista nutricional, o abacaxi é rico em vitaminas A, B e C e em minerais como o ferro, o cálcio e o fósforo que possuem propriedades importantes para a nossa saúde (Holden et al., 2011).

## **6. Processos degradativos dos compostos bioactivos dos hortofrutícolas. Implicações e processos de conservação.**

Os produtos minimamente processados são produtos que devem manter um aspecto agradável e atraente, o mais próximo possível dos produtos em fresco. Os processos metabólicos são os responsáveis pela deterioração destes produtos reduzindo-lhes o período de vida útil (Agüero et al., 2008). A preparação causa danos que aumentam a respiração, a produção de etileno e a taxa das reacções bioquímicas, que são responsáveis pelas alterações de textura, sabor, cor e qualidade nutricional (Kramer & Wang, 1989).

Os tratamentos térmicos moderados e branqueamento são pré-tratamentos realizados nos frutos e hortícolas e têm como objectivo a estabilização microbiológica, biológica e físico-química dos produtos ao longo do tempo de armazenamento. Estes tratamentos destroem as formas vegetativas dos microorganismos, inactivam as enzimas responsáveis pelas alterações e reduzem a carga microbiana (Cruz et al., 2006).

O tratamento térmico é o mais utilizado para estabilizar alimentos devido ao facto de eliminar microrganismos e inactivar enzimas (He et al., 2007). Contudo, tem de se ter em conta que um aquecimento excessivo afecta negativamente as propriedades nutritivas e sensoriais do alimento (Hayakawa & Timbers, 1977).

O branqueamento é um tratamento térmico suave que tem como objectivo a inactivação das enzimas responsáveis pelo escurecimento dos frutos, sem que o fruto fique com um sabor a cozido, sendo responsável pela estabilização dos alimentos,

uma vez que tem a capacidade de destruir os microrganismos (Martins, 1992; Cruz et al., 2006). Outro objectivo do branqueamento é conseguir conservar os alimentos preservando ao máximo a sua integridade nutricional (Roy et al., 2007). Esta técnica de processamento é normalmente realizada por choque térmico, sendo que a peroxidase (POD) é utilizada como índice de um branqueamento adequado, uma vez que é a enzima oxidativa mais termorresistente (Jongen, 2002).

Os tratamentos térmicos promovem um aumento dos compostos bioactivos, aumentam o período de vida útil dos frutos no período pós-colheita (Gonzalez-Aguilar et al., 2010), evitam a perda de cor e melhoram a cor e o brilho, fazendo com que os frutos se tornem mais atraentes para o consumidor (Ihl et al., 1998).

Contudo, o branqueamento apresenta algumas desvantagens que podem ser as alterações de textura, a redução de vitaminas, as alterações de cor e a possibilidade do desenvolvimento de cheiros desagradáveis (Norton & Sun, 2008). Também pode ocorrer perdas nutricionais relacionadas com a degradação térmica por lixiviação e difusão (Günes & Bayindirh, 1993; Gonçalves et al., 2007). A cor é um atributo utilizado como indicador de qualidade para avaliar o nível de impacto que é causado pelo processamento térmico (Avila & Silva, 1999). Se o tratamento térmico for excessivo pode haver o desenvolvimento de pigmentos de cor escura tornando o produto inaceitável (Chutintrasri & Noomhorm, 2007).

## **6.1. Degradação enzimática**

A degradação enzimática pode ocorrer através de um tratamento térmico, a vapor ou água quente, promovendo a inactivação das enzimas (Rudra et al., 2008).

Se a enzima peroxidase (POD) for inactivada também irá ocorrer a inactivação de outras enzimas que causam a degradação dos tecidos. O tratamento térmico utilizado para inactivar a peroxidase é suficiente para que as outras enzimas responsáveis pela perda de qualidade sejam também inactivadas, contudo tem de se ter em conta a intensidade do tratamento térmico, uma vez que pode causar alterações indesejáveis (Günes & Bayindirh, 1993; Agüero et al., 2008). As enzimas inactivadas devem ser removidas, visto que a presença de enzimas residuais no alimento pode causar alterações na qualidade, afectando a cor, sabor, textura e causando perdas nutricionais durante o armazenamento (Gonçalves et al., 2007).

A enzima peroxidase (POD) é responsável pela oxidação dos compostos fenólicos através do peróxido de hidrogénio com os radicais livres, causando a oxidação das clorofilas de baixo peso molecular havendo perda de cor (Rudra et al., 2008). As reacções enzimáticas e bioquímicas e a carga microbiana afectam o prazo

de validade e a qualidade dos alimentos (Landl et al., 2010). As enzimas podem estar relacionadas com um número elevado de reacções oxidativas, que por sua vez conduzem a uma alteração da cor, à oxidação dos compostos fenólicos, à biossíntese de lenhina, à degradação da clorofila e à oxidação do ácido índole acético (Valderrama & Clemente, 2004). As alterações referidas podem provocar alterações na textura, cor, sabor e qualidade nutricional dos alimentos (Clemente & Pastore, 1998).

A enzima polifenoloxidase (PPO) provoca o escurecimento enzimático nas polpas de frutos e hortícolas tornando os alimentos desagradáveis para o consumidor. É importante que seja feito um controlo da actividade desta enzima no processamento dos alimentos, de forma a que seja evitado o escurecimento dos hortícolas (Valderrama & Clemente, 2004). A actividade desta enzima começa quando é feito um corte no hortofrutícola havendo posteriormente um escurecimento na zona do corte, o que irá reduzir a qualidade visual e também provocar perda de nutrientes e alterações indesejáveis no sabor devido ao escurecimento enzimático (Luo & Barbosa, 1997).

O escurecimento enzimático é responsável pelas alterações e aparecimento de características organolépticas indesejáveis que podem afectar a imagem do produto no mercado, conduzindo à rejeição do mesmo por parte do consumidor (McEvily et al., 1992). Este escurecimento nos hortofrutícolas ocorre sobretudo devido à oxidação dos compostos fenólicos naturais, constituídos por quinonas, que por sua vez são polimerizadas para vermelho, castanho ou pigmentos escuros (Duangmal & Apenten, 1999; Valderrama & Clemente, 2004). A melanoidina é um pigmento escuro que resulta de uma reacção secundária das quinonas com aminoácidos, proteínas ou outros compostos fenólicos (Whitaker & Lee, 1995; Friedman, 1996). Foram realizados estudos que comprovam que a capacidade da polifenoloxidase (PPO) em oxidar compostos fenólicos pode ser utilizada para aumentar a biodisponibilidade do ferro presente nos compostos fenólicos (Matuschek & Svanberg, 2005).

A enzima peroxidase (POD) é uma enzima oxirredutora que é responsável pela perda de cor, textura, sabor e nutrientes em hortofrutícolas (Labib et al., 1995). É uma das enzimas mais estáveis devido à sua elevada resistência térmica, e por este motivo é utilizada na avaliação da eficácia do tratamento térmico. (Arthey & Dennis, 1992; Icier et al., 2006; Gonçalves et al., 2007; Zhu et al., 2010).

## **6.2. Degradação microbiológica**

A degradação microbiológica é responsável pela perda de atributos de frescura, qualidade e conveniência que afectam negativamente a imagem dos hortofrutícolas no mercado. A carga microbiana inicial destes alimentos depende das matérias-primas, das técnicas de cultivo, das condições de colheita e do

manuseamento no período pós-colheita (Gras et al., 1994). É muito importante que o manuseamento pós-colheita seja realizado de forma correcta, uma vez que um pequeno corte do produto irá permitir a transferência de microrganismos, presentes na casca, para o interior do mesmo permitindo o seu crescimento através da utilização dos nutrientes que se encontram disponíveis (Guerzoni et al., 1997).

As bactérias patogénicas como a *Escherichia coli*, a *Listeria monocytogenes*, a *Yersinia enterocolitica* e a *Aeromonas hydrophila* são consideradas perigosas para o consumidor e podem contaminar os hortofrutícolas, logo é importante um manuseamento correcto dos mesmos, de acordo com as boas práticas (Beaufort et al., 1992; Nguyen-the & Carlin, 1994; Breidt & Fleming, 1997).

Durante o armazenamento dos frutos e hortícolas pode ocorrer a multiplicação de microrganismos e segregação de substâncias tóxicas por parte dos mesmos, originando perdas económicas e perigos para a saúde pública (Lacasse, 1995; Francis et al., 1999). Estes microrganismos podem provocar alterações nos alimentos, nomeadamente o amolecimento dos tecidos, o aparecimento de sabores e odores desagradáveis e a perda de nutrientes fazendo com que os alimentos se tornem impróprios para consumo humano num curto espaço de tempo (Lacasse, 1995; Galli & Franzetti, 1997).

O tempo de conservação dos hortofrutícolas pode ser reduzido devido ao desenvolvimento dos fungos presentes na superfície dos mesmos, desenvolvimento esse que ocorre com a maturação avançada do fruto. Esses fungos podem produzir micotoxinas que podem ser muito tóxicas, como por exemplo as aflotoxinas. O tempo de conservação dos hortofrutícolas também é afectado pelas condições ambientais (temperatura, etileno e humidade), uma vez que a temperatura elevada é responsável pela aceleração da maturação e das alterações microbianas enquanto que as temperaturas baixas atrasam estes efeitos (Lacasse, 1995).

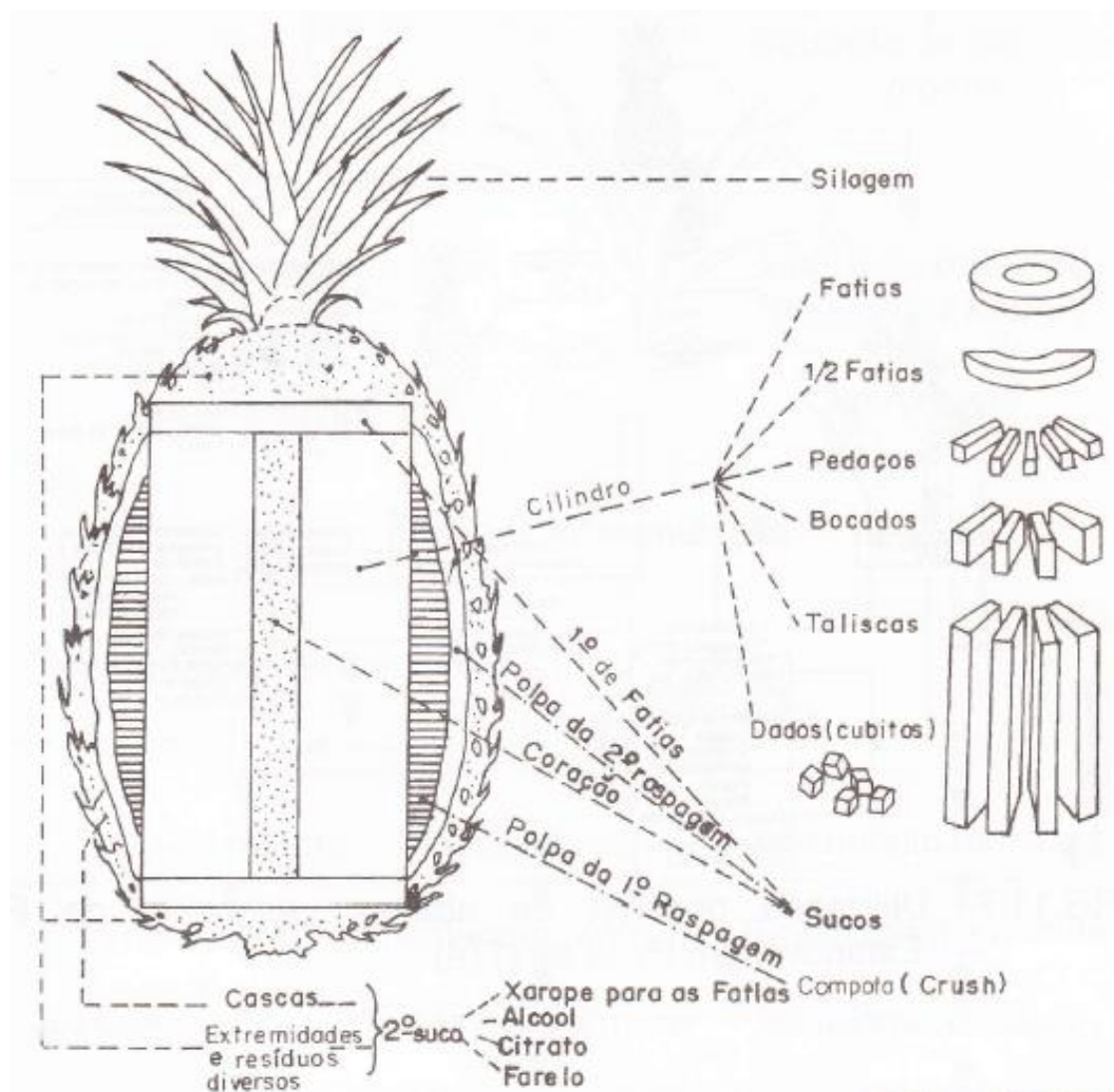
O pH é um fator intrínseco muito importante para o desenvolvimento de microrganismos sendo que, no caso das polpas e sumos de fruta se encontra abaixo de 4 dificultando o desenvolvimento dos microrganismos (Neto & Faria, 1999). O pH é um atributo que distingue os frutos dos hortícolas, sendo que no caso dos frutos é muito ácido (inferior a 4) e no caso dos hortícolas é ligeiramente menos ácido (entre os 5,5 e os 6,5) (Lacasse, 1995). Devido ao seu pH, os frutos são degradados principalmente por fungos (bolores e leveduras) e por bactérias lácticas que toleram melhor meios ácidos, ao passo que os hortícolas podem ser degradados por bactérias e fungos (Neto & Faria, 1999; Lacasse, 1995). O potencial redox destes alimentos dificulta o desenvolvimento das espécies anaeróbias obrigatórias mas promove o desenvolvimento de espécies aeróbias e anaeróbias facultativas (Lacasse, 1995).

Os sumos de frutos são sujeitos a um tratamento térmico antes de serem embalados e refrigerados, que consegue eliminar a maior parte dos microrganismos patogénicos. No entanto, tem de se ter em conta que as temperaturas normalmente utilizadas (cerca de 90°C) para aumentar o período de vida útil destes sumos podem não ser suficientes para inactivar os fungos termorresistentes. A forma mais eficaz de impedir o aparecimento e desenvolvimento de fungos termorresistentes é a adopção de práticas adequadas de manuseamento, uma vez que diminuem a possibilidade de contaminação das matérias-primas. Se fossem utilizadas temperaturas mais elevadas as características físico-químicas e organolépticas seriam afectadas prejudicando a qualidade do alimento (Kabir, 1994; Neto & Faria, 1999; O'Beirne & Francis, 2003).

De forma a impedir o crescimento de microrganismos e aumentar o período de vida útil dos hortofrutícolas deve-se utilizar matérias-primas de boa qualidade, ter boas práticas agrícolas, fazer um correcto manuseamento durante o processamento e ao longo da cadeia de comercialização, manter as condições de higiene adequadas e controlar a temperatura e a humidade relativa (Nguyen-the & Carlin, 1994; Corbo et al., 2004).

## **7. Aproveitamento dos Produtos e dos Subprodutos**

Os subprodutos são os resíduos que são gerados no processamento do abacaxi, isto é, tudo aquilo que não é aproveitado para produzir. No caso da empresa “Nuvi Fruits” os subprodutos são as cascas, as extremidades, o talo (coração) e a polpa de 2ª raspagem que estão representados na figura 6.



**Figura 6 – Utilização industrial do fruto (Py et al., 1969).**

Existem várias formas de aproveitamento estudadas por diversos autores que serão apresentadas de seguida.

## 7.1. Polpas

Foram encontrados poucos trabalhos sobre polpas de abacaxi e Diaz e Beristain (1992) prepararam polpas de abacaxi nas seguintes condições:

Na preparação da polpa os abacaxis foram descascados manualmente e retiraram a base, a parte intermediária, o cume, o cilindro central e a casca do fruto, sendo que podem ser utilizados em diferentes processos tecnológicos. Posteriormente cortaram a polpa em pedaços e colocaram em água a 80 °C durante 4 minutos para eliminar a actividade enzimática. De seguida colocaram os pedaços em solução de sacarose de 50° Brix em temperatura ambiente durante 3 horas, ocorrendo uma concentração osmótica de proporção inicial de um para quatro, de fruta e solução de

sacarose, respectivamente. Depois colocaram os pedaços numa peneira para eliminar o excesso da solução osmótica e moídos num liquidificador comercial na velocidade máxima, tendo adicionado sorbato de potássio e bissulfito de sódio na concentração de 0,1% e 0,03%, respectivamente. Estabilizaram o produto e armazenaram em sacos de polietileno e polipropileno de alta densidade à temperatura ambiente de 25°C durante 3 meses.

Durante o armazenamento não ocorreu deterioração físico-química e microbiológica, sendo que o produto manteve as suas características para o seu consumo em fresco, sem que fosse necessário voltar a hidratá-lo, podendo ser utilizado para a elaboração de outros produtos alimentares (Diaz & Beristain, 1992).

## **7.2. Sumos**

Para a produção tradicional de sumo de abacaxi são utilizadas todas as partes que não são aproveitadas para o enlatamento, isto é, a polpa que se encontra junto da casca (juntamente com a casca para que o aproveitamento da polpa seja máximo), a polpa que se encontra junto do cilindro central e pedaços de polpa que não estão em condições de ser comercializados em lata. Posteriormente, esta polpa é cortada em pedaços mais pequenos e é enviada para um desintegrador do tipo moinho de martelos onde é triturada. A polpa triturada é encaminhada para um despulpador de peneira e para os “finishers”, nos quais é removida a parte fibrosa presente na polpa. De seguida o sumo passa por uma centrifugadora onde é removida a polpa que não foi removida nos despulpadores, e também partículas da casca.

O sumo de abacaxi pode ser preparado e comercializado de diversas formas, tais como sumo simples preservado, sumo simples pasteurizado, sumo concentrado congelado, sumo concentrado pasteurizado e sumo desidratado (Py, 1969).

O sumo simples preservado não é submetido a nenhum tratamento térmico no processamento, tendo a vantagem de manter as suas características sensoriais, físicas e químicas. Por outro lado, tem a desvantagem de ser mais afectado pela actividade enzimática promovida pela presença de oxigénio e pelas reacções químicas oxidativas, afectando os componentes aromáticos e os teores de ácido ascórbico presentes no sumo. (Py, 1969).

O modo de preparação consiste no envio do sumo, proveniente da centrifugadora, para os tanques de formulação onde são adicionados o conservante (preservativo químico), um antioxidante (normalmente o ácido ascórbico) para impedir a oxidação dos componentes químicos e o açúcar para tornar o sumo mais doce. De seguida o sumo passa por um sistema de desaeração onde é removido todo o ar

incorporado, sendo depois embalado e armazenado a temperatura baixa. Se o sumo for armazenado a 30°C perde cerca de 50% dos seus ésteres voláteis após um período de 45 dias de armazenamento (De Martin et al., 1978).

O sumo simples pasteurizado é produzido utilizando-se os frutos que já não têm calibre para comercialização e que são rejeitados, sendo que são, numa primeira fase, lavados para eliminar impurezas presentes na casca e para diminuir a carga microbiana que pode provocar alterações na qualidade do produto final.

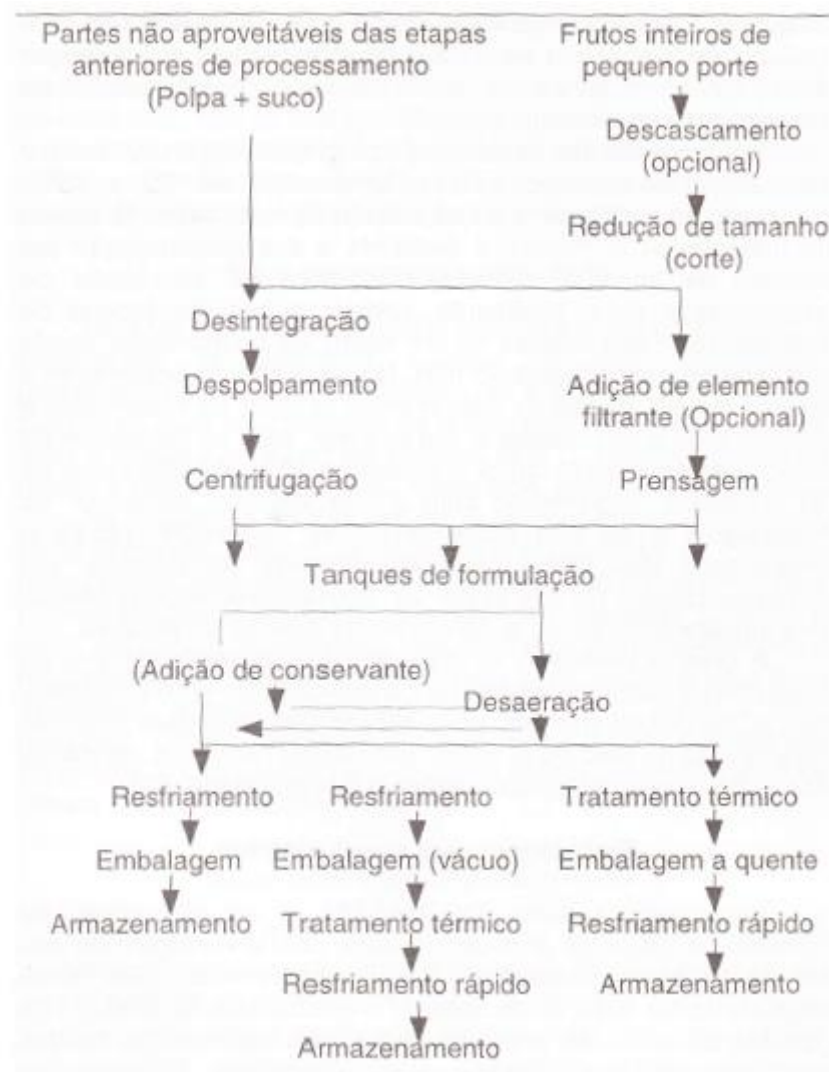
A lavagem é realizada numa lavadora rotatória onde são utilizados esguichos de água potável, com 10 a 14 ppm de cloro, de forma a reforçar o efeito da acção mecânica exercida pelo equipamento sobre os frutos. Após a lavagem segue-se a preparação dos frutos que consiste em descascar e recuperar a polpa da casca. O sumo é extraído num triturador de martelos finos tipo pente dentado, sendo que o material triturado fica armazenado num tanque e na sua parte inferior.

O material triturado é bombeado através de um pré-aquecedor tubular, com temperaturas de cerca de 62 a 65 °C, realizando-se desta forma um tratamento térmico que irá promover a inactivação microbiana e enzimática evitando, deste modo, reacções bioquímicas indesejáveis que podem causar alterações nas características do sumo, provocar oxidações e diminuir o valor nutritivo do sumo (perda de vitamina C e carotenóides). Posteriormente é enviado para a despulpadeira onde são removidas as partes mais grosseiras da polpa, seguindo-se a refinadeira onde é removido o teor de polpa necessário para a obtenção do tipo de sumo pretendido.

A polpa removida na etapa anterior é submetida a uma segunda extracção numa prensa contínua de tipo parafuso, sendo que o sumo extraído é enviado para um tanque de formulação onde se corrige a relação Brix/acidez para 18 a 20. De seguida o sumo pode ser enviado para um desaerador onde é removido o ar, podendo seguir depois para duas linhas de processamento diferentes, a pasteurização na embalagem ou o enchimento a quente (Moretti & Hinojosa, 1982).

Na figura 7 está representado o fluxograma de preparação do sumo simples preservado e do pasteurizado.





**Figura 7 – Fluxograma de preparação do sumo simples preservado e pasteurizado (De Martin et al, 1978).**

No processo de pasteurização na embalagem, o sumo é arrefecido imediatamente até uma temperatura de 25 a 30°C e é enviado para a enchedeiras, ocorrendo de seguida o fechamento da embalagem a vácuo. Depois é realizada a pasteurização que pode ser feita em tanques de imersão, em cozedores rotativos ou em tuneis de pasteurização, sendo que depois as embalagens são arrefecidas e armazenadas.

No processo de enchimento a quente o tratamento térmico é realizado antes do embalamento, ou seja, o sumo é colocado em trocadores de calor, com temperaturas de 91°C, durante 30 segundos, seguindo-se a sua colocação imediata na embalagem e fechamento. Posteriormente as embalagens são arrefecidas em tanque de imersão,

resfriadores rotativos ou tuneis de arrefecimento, e armazenadas a baixas temperaturas e sem presença de luz.

A grande vantagem do sumo pasteurizado relativamente ao sumo simples é o facto de haver uma maior segurança na conservação do sumo embalado, pois ocorre a destruição de microrganismos e inactivação enzimática que poderiam deteriorar o produto e diminuir a sua qualidade (De Martin et al., 1978).

O sumo concentrado congelado tem uma maior qualidade relativamente ao sumo concentrado pasteurizado. A sua preparação consiste numa concentração pelo calor, seguida de um arrefecimento realizado em tanques de arrefecimento de paredes triplas, nos quais o líquido é arrefecido até uma temperatura de 5°C, realizando-se nesta fase o controlo da qualidade. Posteriormente o sumo é embalado e enviado para as câmaras de congelação rápida, que se encontram a uma temperatura de 40°C negativos, para arrefecer até aos 25 °C negativos. O sumo é armazenado durante longos períodos em temperaturas de 18 a 20°C negativos (De Martin et al., 1978).

O sumo concentrado pasteurizado também é concentrado, mas sofre um pré-tratamento térmico no qual ocorre uma redução dos microrganismos presentes e a inactivação enzimática, sendo responsável pela estabilização do sumo. O processo de concentração é uma simples remoção de água, realizada a baixas temperaturas e no menor tempo possível, de forma a reduzir os efeitos da oxidação e do excesso do tratamento térmico.

Posteriormente o sumo concentrado é enviado para um permutador de calor com uma temperatura de 80°C ou um pouco mais, e depois segue-se o enchimento das embalagens que devem ficar com um espaço livre mínimo na embalagem devido à alta viscosidade do suco concentrado, facilitando a transmissão de calor e o seu arrefecimento. De seguida realiza-se o fecho das embalagens e o seu arrefecimento em aparelho rotativo para melhorar a eficiência do processo. A temperatura recomendável do armazenamento é de cerca de 5°C e nunca deve ser superior a 15°C para evitar o escurecimento e o aparecimento de odores estranhos (De Martin et al, 1978).

### **7.3. Compota**

Uma das formas de aproveitamento de subprodutos da produção de abacaxi é a produção de compota. A compota é um produto que utiliza como matéria prima os resíduos das linhas de produção de fatias ou rodela, isto é, os pedaços que estão fora das especificações para enlatamento e parte da polpa retirada da casca e da

extremidade do fruto. No processamento esta matéria prima passa por um equipamento no qual o seu tamanho é reduzido e, de seguida, é submetida a um aquecimento até uma temperatura de cerca de 90 °C para inactivar as enzimas, sendo que uma parte do sumo presente na matéria prima é retirado e enviado para a linha de sumos evitando que o produto final fosse excessivamente líquido. Após esta operação o produto picado é misturado com xarope de elevado grau Brix, em agitação constante e progressiva, mantendo-se a temperatura nos 90 °C (Py, 1969).

Posteriormente, o produto é acondicionado em latas de 1 quilo, que são fechadas através de um sistema de injeção de vapor, de forma a promover o vácuo adequado e indispensável para a conservação do produto.

Por fim é realizada uma pasteurização durante 15 minutos em cozedor rotativo, seguido de um arrefecimento das latas num resfriador rotativo. A compota de abacaxi é um produto muito utilizado em confeitarias e para várias sobremesas (Py, 1969).

## **7.4. Preparação de fertilizantes: Torta**

A torta é o material que resulta da obtenção do sumo da casca e da extremidade do fruto e pode ser utilizada na forma bruta, como adubo verde, ou após um período de fermentação para formar um composto. Segundo uma análise realizada verificou-se que a torta tem 1,27% de azoto, 0,9% de potássio, 0,18% de cálcio e também magnésio. Não é muito rica, mas pode contribuir para melhorar a fertilidade do solo (Py, 1969; Py & Tisseau, 1973).

A torta pode também ser utilizada na alimentação animal mas é um produto que apresenta uma evolução rápida devido à fermentação rápida, o que acontece após a sua conservação para ensilagem desidratada (farelo de abacaxi). A torta fresca ou conservada tem um valor energético muito superior às gramíneas tropicais (cerca de 65 a 70% de nutrientes digestíveis totais), podendo ser utilizada como substituta dessas gramíneas na ração para ruminantes. Contudo, a torta apresente teores de compostos azotados muito baixos e tem um teor de matéria seca baixo (cerca de 10 a 15%), limitando as quantidades ingeridas pelos animais.

Vários autores concordam que se a ensilagem for bem realizada podemos obter um produto de grande aceitação pelos bovinos. Para corrigir a falta de compostos azotados, de matéria seca e para limitar as perdas durante a sua conservação podem ser adicionados produtos antes da ensilagem, tais como palha de arroz, farinha de milho, ureia ou farelo de trigo, obtendo-se assim um produto com um teor de matéria seca de cerca de 25 a 35% (Py, 1969).

Se for utilizada uma prensagem hidráulica o teor em matéria seca da torta, obtida após a extracção do segundo sumo, é superior ou igual a 25%. A torta ensilada directamente tem 27% de matéria seca, conserva-se bem e é bem aceite pelos animais. Em alguns casos foi adicionada torta de soja para aumentar o teor de compostos azotados, dando origem a uma ração de engorda de alta qualidade que vai permitir um desempenho igual ao obtido com um alimento concentrado (Py, 1969; Py & Tisseau, 1973).

## **7.5. Farinha e Amido**

Os resíduos resultantes da prensagem do talo produzem uma farinha com uma composição que se aproxima da farinha obtida através da moagem de plantas inteiras. Foram realizadas tentativas para a extracção do amido presente nestas farinhas, mas esta operação não foi de encontro às expectativas em termos económicos. Também se verificou a mesma situação para os ácidos orgânicos, expeto nos casos do ácido cítrico, da cera e dos ésteres que se encontram nas folhas e no segundo suco (Manica, 1999).

## **7.6. Bromelaína**

A bromelina é uma mistura de enzimas proteolíticas que são extraídas principalmente do talo da planta, mas também se encontram nas folhas e raízes. Apesar de também poder ser encontrada no suco, a sua quantidade é tão pequena que não compensa economicamente fazer a sua exploração. Foi determinado que é possível extrair-se cerca de 1 a 1,3% de bromelina do tipo comercial do talo fresco da planta (Carvalho et al., 1981; Py, 1969; Py, 1973).

## **7.7. Produtos preparados e submetidos ao frio**

O gelado é o produto preparado e submetido ao frio mais comum e utiliza-se nos países produtores de abacaxis e nos países consumidores. Uma das formas mais comuns de preparar o gelado consiste na reconstituição de uma fatia de abacaxi a partir de uma polpa açucarada.

O gelado de abacaxi é outra forma que utiliza frutos de dimensões reduzidas, de coroa habitualmente reduzida. Os frutos são cortados transversalmente e é realizada uma escavação na parte central, sendo que o fruto é congelado de seguida

com o preenchimento da parte cavada com gelado de abacaxi, previamente preparado. Para além disso também se pode utilizar o abacaxi cavado como recipiente para uma salada de frutas, por exemplo (De Martin et al., 1978; Py, 1969; Py & Tisseau, 1973).

## **7.8. Abacaxi cristalizado**

O abacaxi cristalizado consiste em fatias finas de frutos maduros, que são cobertos com um xarope açucarado, colocados numa estufa a secar e, por fim, cobertos de açúcar granulado. Inicialmente é realizada uma selecção de frutas maduras previamente descascadas e cortadas em fatias finas de 15 mm de espessura, que são posteriormente colocadas em bandejas de aço inoxidável e cobertas com xarope de 20° Brix, durante 24 horas. Depois vão sendo adicionadas concentrações crescentes e sucessivas de açúcar com 10° Brix, a cada 24 horas, até à saturação (Py, 1969; Py & Tisseau, 1973).

Após atingirem a saturação são submersas durante 20 segundos em água fervente, sendo que depois se elimina o excesso de água e colocam-se as fatias numa estufa com temperaturas de 50°C durante 8 horas. Para terminar o processo as fatias são cobertas com açúcar granulado e envolvidas em papel impermeável e colocadas em caixas pequenas de papelão (Py, 1969; Py & Tisseau, 1973).

## **7.9. Geleia**

A geleia é um produto com uma estrutura gelificada estável e sem partículas sólidas de frutas, que é elaborada com 45% de sumo da fruta e 55% de açúcar, sendo que, no produto final, a geleia deve conter pelo menos 65% de sólidos solúveis (De Martin et al., 1978).

O processo de fabrico da geleia começa com uma clarificação do sumo de abacaxi, seguido da incorporação de pectina, ácido e água e açúcar em quantidades controladas, de modo que se produza uma geleia de alta qualidade. A quantidade de pectina adicionada depende da composição do sumo, enquanto que a adição de ácido é importante porque confere um maior poder gelificante à pectina. O equilíbrio das concentrações de pectina, açúcar e ácido é muito importante na elaboração de uma geleia de alta qualidade, isto é, uma geleia que seja clara, de cor atraente, transparente e brilhante (De Martin et al., 1978).

## Capítulo II – Desenvolvimento experimental

A empresa “Nuvi Fruits” pretende fazer um aproveitamento dos seus subprodutos, de forma a poder acrescentar-lhes valor e maximizar o retorno financeiro do processo. A pedido da empresa foram desenvolvidas polpas de abacaxi congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico, realizando-se um estudo da estabilidade das polpas a -18 °C durante 67 dias. Também se procederam a estudos para obter uma bebida à base de sumo da casca de abacaxi.

Não foi efetuada nenhuma estabilização térmica às polpas nem ao sumo, pois a empresa pretendia saber se as polpas e o sumo mantinham as suas características físico-químicas, ao longo de um período de tempo, sem aplicar nenhum tratamento que pudesse afetar as suas características sensoriais.

Os métodos aplicados foram os mesmos para as polpas e para o sumo de casca de abacaxi. Só no caso da avaliação da textura, feita pelo método do TPA (Texture Profile Analysis), que foi aplicada apenas às polpas.

O tratamento estatístico dos dados foi efectuado através do Microsoft Excell com o suplemento Action no qual foram efectuados os testes de Tukey para averiguar se existiam diferenças significativas entre os resultados obtidos.

## 8. Materiais e Métodos

### 8.1. Materiais

Para o processamento das polpas e do sumo de abacaxi utilizado no estudo da estabilidade foram utilizados os abacaxis inteiros em vez dos subprodutos (cascas e polpa residual, uma vez que o transporte entre a empresa e o laboratório poderia comprometer as amostras. Nas provas sensoriais (realizadas na empresa) utilizaram-se os subprodutos.

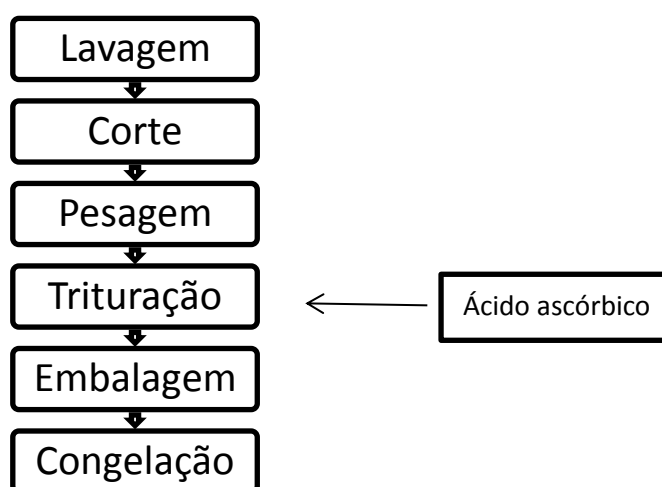
Para a produção das polpas foram utilizados abacaxis da espécie *ananas comosus* L. (variedade: smooth cayenne) cedidos pela empresa Nuvi Fruits e um aditivo, o ácido ascórbico (marca – Panreac), sendo que o aditivo foi concebido para fins alimentares e é considerado um produto seguro do ponto de vista da segurança alimentar.

Para a fabricação da bebida à base de casca de abacaxi foram utilizadas as cascas provenientes da produção de abacaxi da empresa Nuvi Fruits, açúcar branco comercial e água.

## 8.2. Processamento das polpas

No laboratório foram produzidas polpas de abacaxi às quais se adicionaram 5 teores de ácido ascórbico (0%, 0,3%, 0,6%, 0,9%, 1,2%), sendo que o objectivo foi compreender de que modo o ácido ascórbico influencia a estabilidade das polpas, as suas características sensoriais e as suas características químicas. Os teores de ácido ascórbico foram definidos tendo por base o facto de o abacaxi ser um fruto ácido.

As polpas foram preparadas utilizando-se os materiais referidos anteriormente, ou seja, abacaxi e ácido ascórbico. No seguinte diagrama podemos ver o método de produção das polpas.



**Figura 8 – Diagrama de produção de polpas com diferentes teores de ácido ascórbico.**

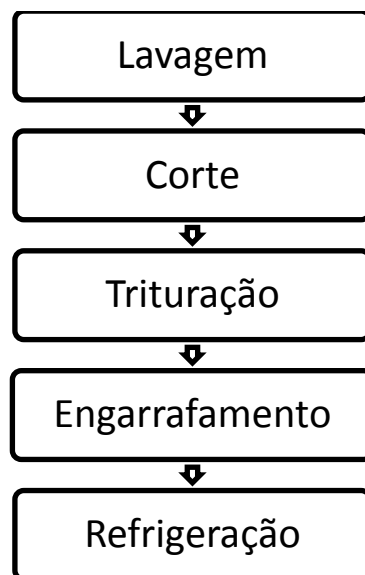
Os abacaxis foram lavados com água e uma solução de hipoclorito de sódio para eliminar os microrganismos patogénicos, cortados e pesados de seguida. A trituração foi realizada num processador Bimby Thermomix da Vorwerk, durante 1 minutos a uma velocidade de rotação de 5. Nesta etapa é adicionado o ácido ascórbico que foi previamente pesado.

## 8.3. Processamento da bebida à base de casca de abacaxi

A opção de se estudar o sumo da casca do abacaxi surgiu por pedido específico da empresa “Nuvi Fruits” após terem sido encontradas referências informais ao aproveitamento da casca de abacaxi para produção de um sumo com aroma e

sabor a abacaxi. Foi efectuado um estudo que tinha por objectivo saber a composição deste sumo, a sua estabilidade e as suas características sensoriais.

A bebida de casca de abacaxi foi preparado utilizando-se água, sumo extraído da casca do abacaxi e açúcar branco comercial. No seguinte diagrama podemos ver o método de produção do mesmo:



**Figura 9 – Diagrama de produção do sumo de casca de abacaxi.**

Os abacaxis foram lavados com água e uma solução de hipoclorito de sódio para eliminar os microrganismos patogénicos. De seguida foram cortados e triturou-se a casca numa trituradora da Moulinex Type 753 para se obter o sumo da casca. Posteriormente juntou-se água, açúcar e o sumo da casca de abacaxi, em quantidades pré-estabelecidas, para se obter a bebida à base de casca de abacaxi.

Após um estudo de mercado elaborado de acordo com as diretrizes da empresa decidiu utilizar-se a seguinte formulação para ambos os sumos:

SCA (Bebida com açúcar) → 120 mL de sumo da casca de abacaxi (8%), 120gr de açúcar branco (foram realizadas contas de modo a ter uma concentração de 8g por 100mL) e 1380 mL de água;

SCS (Bebida com stevia) → 120 mL de sumo da casca de abacaxi (8%), 20 comprimidos do adoçante de stevia (equivalente a 120gr de açúcar branco) e 1380 mL de água;

Após a análise dos resultados obtidos para a formulação acima, foi efectuada uma 2ª formulação que é a seguinte:

S1 → 450 mL de sumo da casca de abacaxi (30%), 120 gr de açúcar branco (8 gr por 100 mL) e 1050 mL de água;



S2 → 675 mL de sumo da casca de abacaxi (45%), 120 gr de açúcar branco e 825 mL de água;

S3 → 900 mL de sumo da casca de abacaxi (60%), 120 gr de açúcar branco e 600 mL de água;

## **8.4. Métodos analíticos**

### **8.4.1. Determinação de humidade**

O teor de humidade foi determinado por gravimetria de acordo com o método nº 920.151 da AOAC (1997). Foram pesadas amostras de 2 gramas que foram secas em estufa até massas constante, à temperatura de 100°C. As pesagens foram realizadas numa balança analítica ABJ 220-4NM da Kern. Esta determinação foi realizada em triplicado.

$$(Eq.1) \quad \% Humidade = \frac{massa\ inicial\ (g) - massa\ final\ (g)}{massa\ inicial\ (g)} \times 100$$

### **8.4.2. Determinação do teor de cinza**

O teor de cinza foi determinado de acordo com o método AOAC (1997) através da inceneração das amostras provenientes da estufa, em mufla, a cerca de 500 °C até massa constante. A determinação foi realizada em triplicado e as pesagens foram realizadas numa balança analítica ABJ 220-4NM da Kern.

$$(Eq.2) \quad \% Cinza = \frac{massa\ cinza(g)}{massa\ inicial\ amostra\ (g)} \times 100$$

### **8.4.3. Determinação da componente mineral**

A componente mineral foi determinada através da inceneração das amostras provenientes da estufa, em mufla, a cerca de 500 °C até massa constante, seguido do tratamento com ácido clorídrico e diluição em 100 mL. Após o tratamento com ácido clorídrico as amostras foram sujeitas a uma espectrofotometria por absorção atómica. A determinação foi realizada em triplicado. Este método foi aplicado de acordo com o método AOAC (1997).

#### 8.4.4. Determinação do pH

A determinação do pH foi realizada por potenciometria segundo o método N° 981.12 da AOAC (1997). O potenciômetro utilizado foi o basic 20 pH-meter da Crisom. Foi calibrado com duas soluções tampão de pH igual a 7 e pH igual a 4, a 20°C. A determinação foi realizada em triplicado.

#### 8.4.5. Determinação do teor de Sólidos Solúveis

A determinação do teor de sólidos solúveis foi realizada num refractômetro de acordo com o método N° 932.12 da AOAC (1997). A determinação foi realizada em triplicado.

#### 8.4.6. Determinação da acidez total titulável

A acidez total titulável (% ácido cítrico) foi realizada de acordo com o método do AOAC (1997) N° 942.15. A determinação foi realizada em triplicado.

#### 8.4.7. Determinação dos compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos foi efectuada através do método de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999).

A curva de calibração foi preparada a partir de uma solução mãe de ácido gálico de 1000 mg/L, tendo sido realizadas sucessivas diluições de forma a ter uma gama entre os 50 e os 700 mg/L.

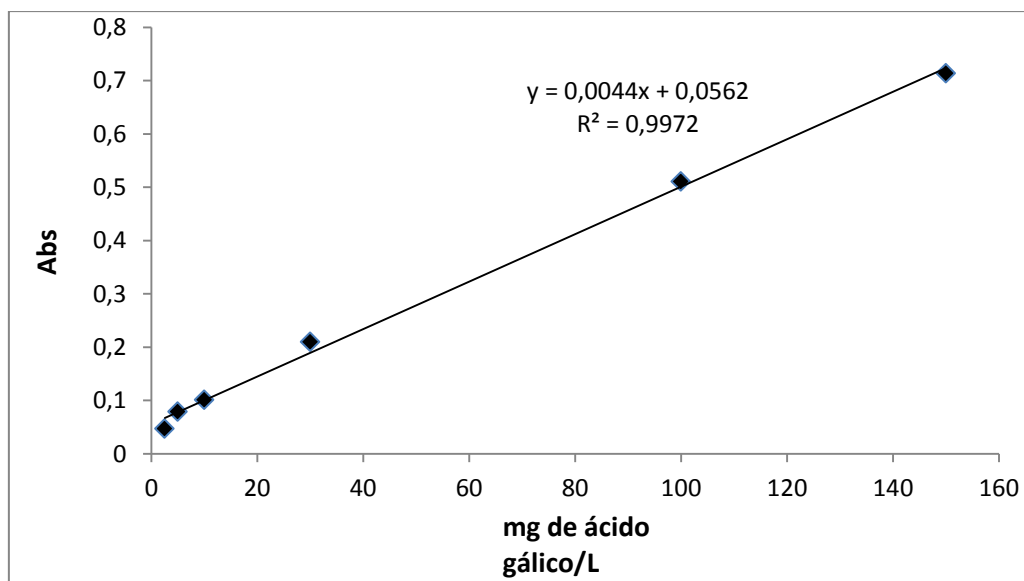
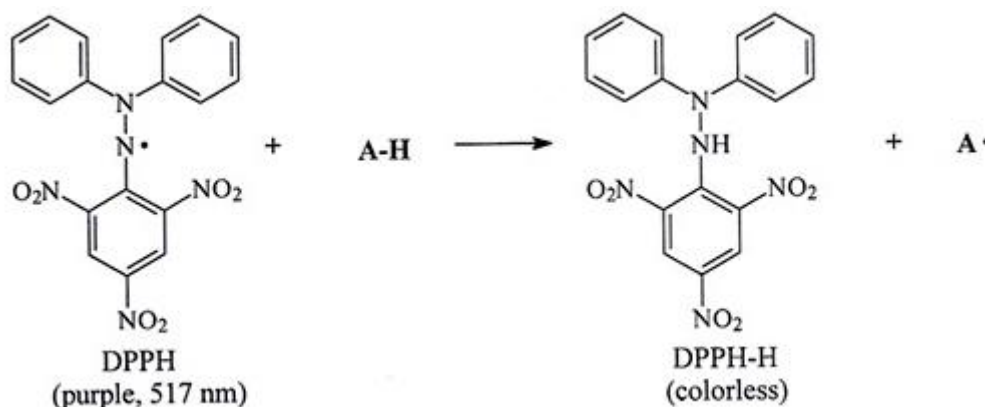


Figura 10 – Curva de calibração do ácido gálico.

#### 8.4.8. Determinação da actividade antioxidante

A actividade antioxidante foi determinada através do método do DPPH (BRAND - WILLIAMS et al., 1995) que se baseia na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, promovendo um decréscimo da absorvância a 517 nm, havendo perda da cor violeta escura da solução inicial.



**Figura 11 - Estabilização do radical DPPH na presença de um antioxidante.**

Fonte: <https://grupiv.wordpress.com/2009/11/03/metodo-dpph/>

A **solução stock** de DPPH foi preparada num balão volumétrico no qual se colocaram 24 mg de DPPH em 100 ml de metanol, tendo sido posteriormente colocada numa câmara congeladora (-19°C) durante um período de tempo superior a 2 horas e inferior a 1 semana antes da sua utilização.

A **solução de trabalho** foi preparada através da diluição de 8 ml da **solução stock** em 47 ml de metanol. A absorvância desta solução foi lida no espectrofotómetro (Unicam UV/ VIS Spectrometer UV4) a 517 nm, sendo o valor 0,724 que não ultrapassa o limite de 1. O metanol foi utilizado como branco.

Posteriormente transferiu-se 4 ml da **solução trabalho** para os frascos de âmbar, sendo que em cada um dos frascos irá reagir uma amostra. Adicionou-se 150 µL de amostra a cada frasquinho, agitou-se ligeiramente e de seguida colocaram-se os frasquinhos a reagir no escuro durante 40 minutos. Após este tempo as absorvâncias foram lidas a 517 nm.

As absorvâncias obtidas foram utilizadas para o cálculo do RSA (radical scavenging activity), sendo que neste método a absorvância vai diminuir com o aumento do potencial antioxidante e por esse motivo deve-se avaliar a % de diminuição da abs (RSA).

$$(Eq.3) \quad RSA(\%)DPPH = \frac{AbsDPPH - AbsAmostra}{AbsDPPH} \times 100$$

A curva de calibração foi preparada a partir de uma solução mãe de trolox de 1000 µM, tendo sido realizadas diluições sucessivas de forma a ter uma gama entre os 50 e os 1000 µM.

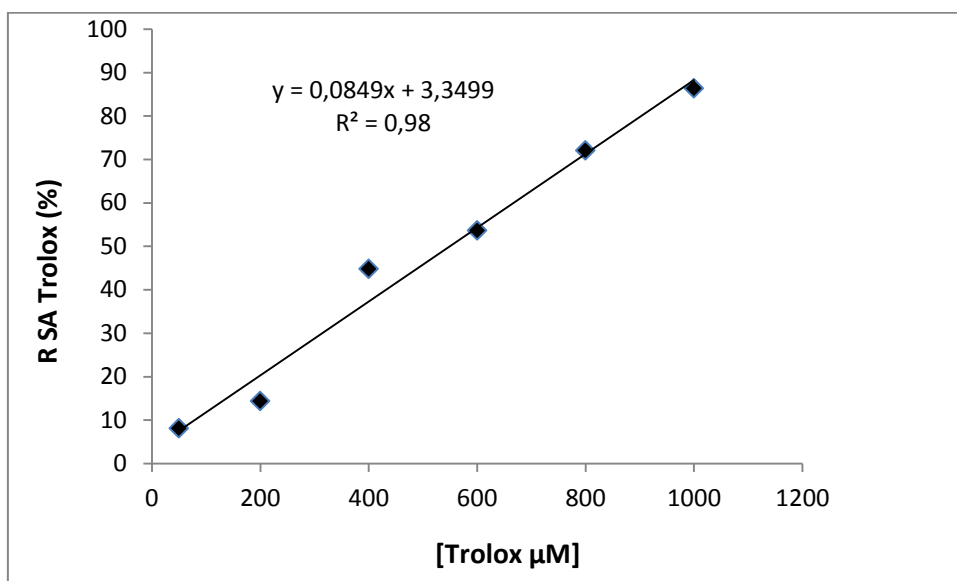


Figura 12 – Curva de calibração do trolox

### 8.4.9. Determinação objectiva da cor

A determinação objectiva da cor foi realizada através de um colorímetro Chroma meter CR-400 da Konica Minolta para a medição dos parâmetros Cie L\*a\*b\* com o iluminante C. A calibração do aparelho foi realizada através da utilização de um padrão branco de coordenadas Y=86,7, x=0,3160 e y=0,3233. A partir dos parâmetros a e b foi efectuado o cálculo da saturação (c\*) e da tonalidade ou ângulo de cor (h°).

A saturação (c\*) corresponde à pureza de uma cor (quanto mais forte e brilhante é a cor mais afastado está da origem). Expressa o intervalo de comprimentos de onda à volta do comprimento de onda médio no qual a energia é reflectida ou transmitida. Varia entre 0 e 100%.

$$(Eq.4) \quad C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

A tonalidade (h°) é utilizada como uma ferramenta analítica, uma vez que é o atributo que nos indica se a cor é vermelha, amarela, verde ou azul. Os valores de h°

variam de 0 (vermelho puro), 90 (amarelo puro), 180 (verde puro) a 270 (azul puro) (Ramallo & Mascheroni, 2012)

$$\begin{aligned} H^\circ &= \arctg(b^*/a^*), \text{ onde } a^*>0; b^*>0 \\ H^\circ &= 180^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ onde } a^*<0; b^*>0 \\ H^\circ &= 270^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ onde } a^*<0; b^*<0 \\ H^\circ &= 360^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ onde } a^*>0; b^*<0 \end{aligned} \quad (\text{Eq.5})$$

#### 8.4.10. Avaliação de textura das polpas: TPA

O método usado neste trabalho prático foi o teste de penetração com o método das duas dentadas (Análise de Perfil de Textura) Texture Profile Analysis (TPA). Este processo reproduz as condições nas quais os alimentos são submetidos durante as duas primeiras dentadas. É composto por duas penetrações na amostra, com uma pausa entre elas, simulando duas dentadas no alimento e, é por isso, que também se designa por teste das duas dentadas. A partir do texturograma da figura 13 é possível obter os seguintes parâmetros:

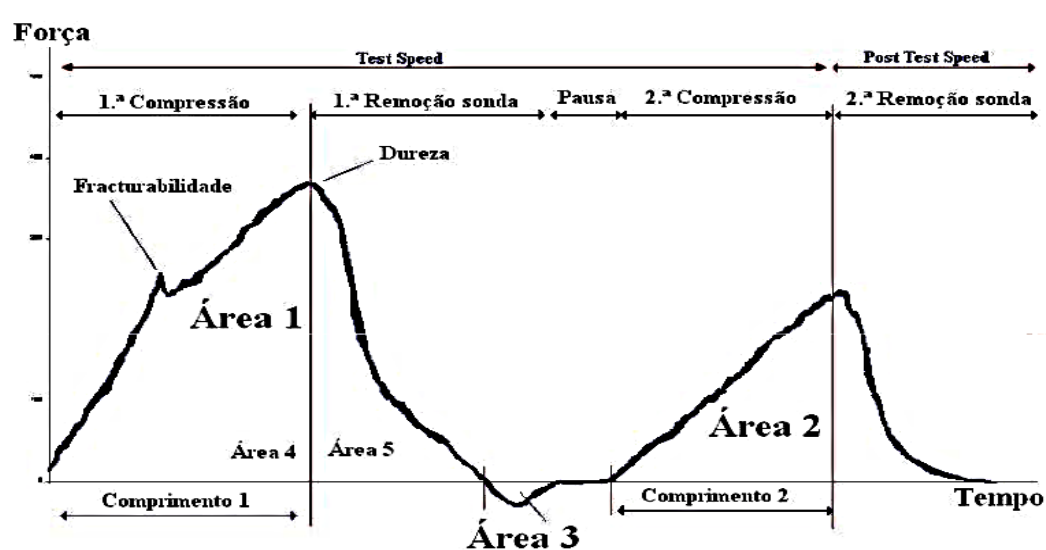


Figura 13 – Texturograma de um teste de perfil de textura.

- Dureza ou firmeza: Força necessária para comprimir/penetrar os alimentos, é a força máxima na rutura e corresponde ao 1º pico (maior valor de y);
- Adesividade: O trabalho necessário para retirar a sonda do alimento, calculada pela área 3;

As amostras de polpa foram colocadas em copos com as seguintes dimensões:

Altura do copo= 39 mm

Altura da amostra= 25 mm

Diâmetro do copo= 22 mm

As condições dos testes foram as seguintes:

Diâmetro da sonda= 8mm

Velocidade= 2mm/segundo

Distância percorrida= 15mm

Tempo= 10 segundos

### **8.4.11. Análise Sensorial**

As provas da análise sensorial foram realizadas na empresa Nuvi Fruits numa sala de provas, sendo que os provadores eram trabalhadores da Nuvi Frutis e da empresa Luís Vicente & LDA. Participaram no estudo provadores com idades compreendidas entre os 26 e os 59 anos.

Os provadores tiveram de preencher três fichas de prova distintas para classificarem os diferentes parâmetros das polpas e dos sumos desenvolvidos (Anexos 1, 2 e 3).

## **9. Resultados e discussão**

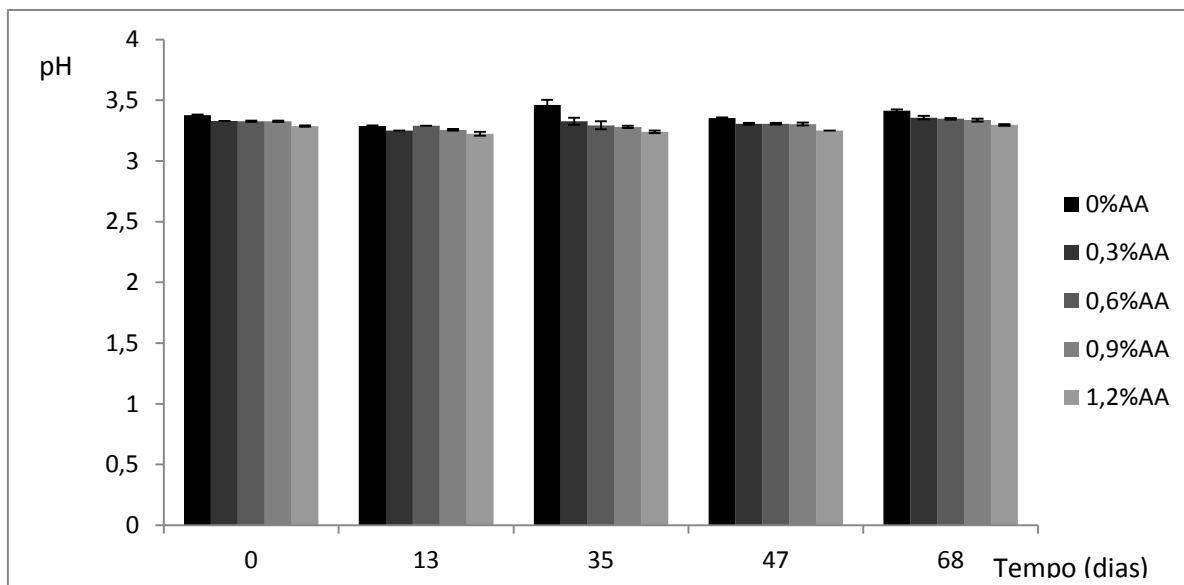
Foram desenvolvidas polpas e sumos, de acordo com os objectivos estabelecidos pela empresa para este trabalho.

### **9.1. Polpas à base de abacaxi**

De acordo com o que foi solicitado pela empresa, apenas se estudaram os teores de ácido ascórbico adicionados. Não foram realizados estudos de tratamento térmico das mesmas, os quais serão realizados, num futuro próximo, em condições reais na empresa.

#### **9.1.1. pH**

Na figura 14 representa-se a variação do pH das polpas congeladas ao longo do tempo, em função da concentração de ácido ascórbico adicionado.



**Figura 14 – Variação do pH das polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) ao longo de um período de 68 dias.**

Através da análise do gráfico 4 podemos verificar que a variação de pH de todas as polpas foi praticamente nula, ou seja, a congelação permite conservar as polpas mantendo o seu pH praticamente estável.

Na tabela 3 representam-se os resultados da Anova realizada para os valores de pH obtidos para as polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico no dia da sua preparação, de forma a poder verificar se existem diferenças significativas entre os valores de pH obtidos para as 5 polpas.

**Tabela 3 – Anova realizada para os valores de pH obtidos para as polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 0).**

<i>Tabela da Anova</i>					
	<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Fator	4	0,0122	0,003056667	114,625	2,61101E-08
Resíduos	10	0,0003	2,66667E-05		

<i>Níveis</i>	<i>Centro</i>	<i>Limite.Inferior</i>	<i>Limite.Superior</i>	<i>P-valor</i>
0,3%AA-0%AA	-0,04666667	-0,061	-0,032790246	4,83251E-06
0,6% AA-0%AA	-0,05	-0,064	-0,036123579	2,53752E-06
0,9% AA-0%AA	-0,05	-0,064	-0,036123579	2,53752E-06
1,2% AA-0%AA	-0,09	-0,104	-0,076123579	8,01472E-09
0,6% AA-0,3%AA	-0,00333333	-0,017	0,010543088	<b>0,927623807</b>
0,9% AA-0,3%AA	-0,00333333	-0,017	0,010543088	<b>0,927623807</b>
1,2% AA-0,3%AA	-0,04333333	-0,057	-0,029456912	9,56872E-06
0,9% AA-0,6% AA	0	-0,014	0,013876421	<b>1</b>
1,2% AA-0,6% AA	-0,04	-0,054	-0,026123579	1,97997E-05
1,2% AA-0,9% AA	-0,04	-0,054	-0,026123579	1,97997E-05

<i>Fator</i>	<i>Médias</i>	<i>Grupos</i>
0%AA	3,376666667	a
0,3%AA	3,33	b
0,6% AA	3,326666667	b
0,9% AA	3,326666667	b
1,2% AA	3,286666667	c

Através da análise da tabela 3 podemos verificar que existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ), entre as polpas com 0%AA e as restantes e entre as polpas com 1,2%AA e as restantes. Também podemos verificar que não existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre as polpas com 0,3%AA, 0,6%AA e 0,9%AA.



A adição de 0,3, 0,6 e 0,9% de ácido ascórbico provocou uma redução significativa do pH até valores de cerca de 3,33, revelando que uma adição entre 0,3 e 0,9% reduzem o pH até um valor semelhante. Só quando foi adicionado 1,2% é que houve uma redução maior.

**Tabela 4 – Anova realizada para os valores de pH obtidos para as polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia final dos testes efectuados (tempo 68).**

<i>Tabela da Anova</i>					
	<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Fator	4	0,0213	0,005316667	46,91176471	1,90542E-06
Resíduos	10	0,0011	0,000113333		

<i>Níveis</i>	<i>Centro</i>	<i>Limite.Inferior</i>	<i>Limite.Superior</i>	<i>P-valor</i>
0,3%AA-0%AA	-0,05666667	-0,085	-0,028059692	0,000499012
0,6% AA-0%AA	-0,06666667	-0,095	-0,038059692	0,000128601
0,9% AA-0%AA	-0,07666667	-0,105	-0,048059692	3,7997E-05
1,2% AA-0%AA	-0,11666667	-0,145	-0,088059692	7,88347E-07
0,6% AA-0,3%AA	-0,01	-0,039	0,018606975	<b>0,777600215</b>
0,9% AA-0,3%AA	-0,02	-0,049	0,008606975	<b>0,221305258</b>
1,2% AA-0,3%AA	-0,06	-0,089	-0,031393025	0,000312387
0,9% AA-0,6% AA	-0,01	-0,039	0,018606975	<b>0,777600215</b>
1,2% AA-0,6% AA	-0,05	-0,079	-0,021393025	0,001341787
1,2% AA-0,9% AA	-0,04	-0,069	-0,011393025	0,006764347

<i>Fator</i>	<i>Médias</i>	<i>Grupos</i>
0%AA	3,413333333	a
0,3%AA	3,356666667	b
0,6% AA	3,346666667	b
0,9% AA	3,336666667	b
1,2% AA	3,296666667	c

Através da análise da tabela 4 podemos verificar que existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre as polpas com 0%AA e as restantes e entre as polpas com 1,2%AA e as restantes. Também podemos verificar que não existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre as polpas com 0,3%AA, 0,6%AA e 0,9%AA.

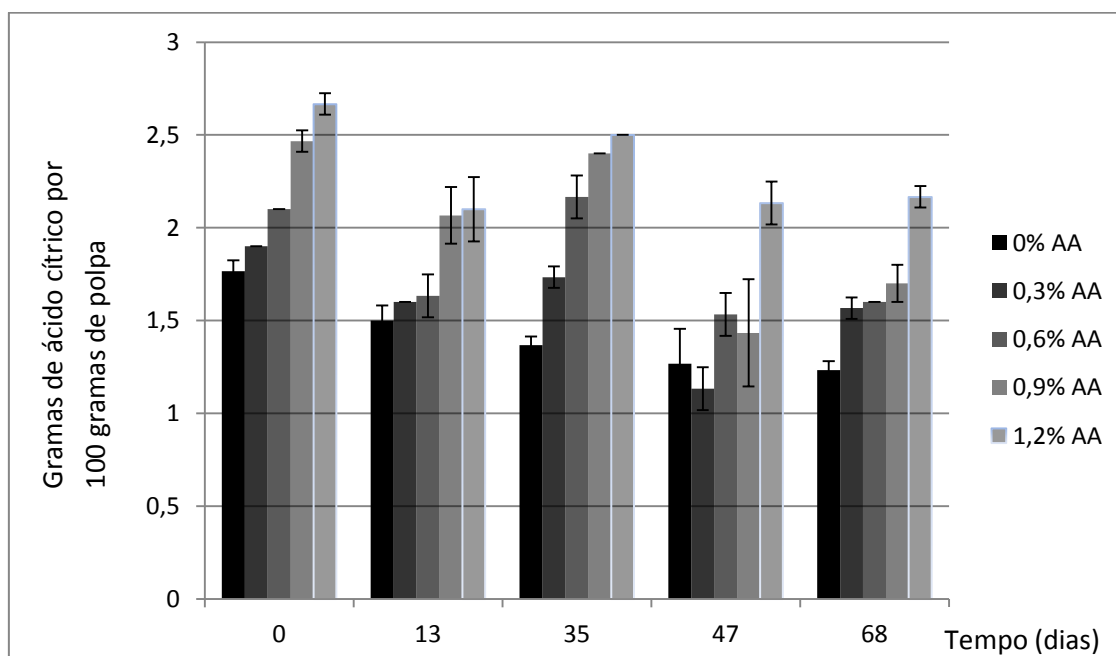
Podemos verificar que houve um ligeiro aumento do pH em ambas as polpas, mas é um aumento pouco significativo. Este aumento não terá no entanto influência na conservação das polpas pois trata-se de um ligeiro aumento.

O pH está associado ao processo de amadurecimento dos frutos e pode ser utilizado na determinação do ponto de colheita (Reinhadt e Medina, 1992).

Deste modo os valores obtidos de pH por Guerra & Liveira (1999), Spironello et al. (1995), Sarzi et al. (2002) e Thé et al. (2001) foram de 3,55 a 3,97 valores ligeiramente superiores aos encontrados neste estudo. Este facto pode estar relacionado com variações na maturação, variedade, práticas culturais, origem geográfica, estágio de crescimento e condições de colheita dos frutos (Kim et al., 2003).

### 9.1.2. Acidez Total

Na figura 15 representa-se a variação da acidez total das polpas congeladas ao longo do tempo, em função da concentração de ácido ascórbico adicionado.



**Figura 15 - Variação da acidez total das polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) ao longo de um período de 68 dias.**

O gráfico da figura 15 mostra que houve uma redução da acidez em todas as polpas ao longo do tempo, facto que pode ser explicado por uma possível perda de ácido ascórbico durante o processo de congelação.

**Tabela 5 – Anova realizada para os valores de acidez total obtidos para as polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 0).**

<i>Tabela da Anova</i>					
	<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Fator	4	1,824	0,456	342	1,20025E-10
Resíduos	10	0,0133	0,001333333		

<i>Níveis</i>	<i>Centro</i>	<i>Limite.Inferior</i>	<i>Limite.Superior</i>	<i>P-valor</i>
0,3%AA-0%AA	0,133333333	0,0352	0,231454447	0,008195278
0,6% AA-0%AA	0,333333333	0,2352	0,431454447	4,39967E-06
0,9% AA-0%AA	0,7	0,6019	0,798121113	2,41887E-09
1,2% AA-0%AA	0,933333333	0,8352	1,031454447	2,09848E-10
0,6% AA-0,3%AA	0,2	0,1019	0,298121113	0,000395306
0,9% AA-0,3%AA	0,566666667	0,4685	0,66478778	2,96951E-08
1,2% AA-0,3%AA	0,8	0,7019	0,898121113	5,54394E-10
0,9% AA-0,6% AA	0,366666667	0,2685	0,46478778	1,80111E-06
1,2% AA-0,6% AA	0,6	0,5019	0,698121113	1,59884E-08
1,2% AA-0,9% AA	0,233333333	0,1352	0,331454447	0,000108113

<i>Fator</i>	<i>Médias</i>	<i>Grupos</i>
1,2% AA	2,7	a
0,9% AA	2,466666667	b
0,6% AA	2,1	c
0,3%AA	1,9	d
0%AA	1,766666667	e

Através da análise da tabela 5 podemos verificar que existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre todas as polpas com diferentes teores de ácido ascórbico.

Como seria expectável, a adição de ácido ascórbico levou ao aumento da acidez total das polpas, sendo que quanto mais ácido ascórbico adicionado maior foi o valor de acidez.

**Tabela 6 – Anova realizada para os valores de acidez total obtidos para as polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia final dos testes efectuados (tempo 68).**

<i>Tabela da Anova</i>					
	<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Fator	4	1,3573	0,339333333	84,83333333	1,12581E-07
Resíduos	10	0,04	0,004		

<i>Níveis</i>	<i>Centro</i>	<i>Limite.Inferior</i>	<i>Limite.Superior</i>	<i>P-valor</i>
0,3%AA-0%AA	0,333333333	0,1634	0,503284087	0,000540641
0,6% AA-0%AA	0,366666667	0,1967	0,53661742	0,000246959
0,9% AA-0%AA	0,466666667	0,2967	0,63661742	3,06112E-05
1,2% AA-0%AA	0,933333333	0,7634	1,103284087	4,93219E-08
0,6% AA-0,3%AA	0,033333333	-0,137	0,203284087	<b>0,963638402</b>
0,9% AA-0,3%AA	0,133333333	-0,037	0,303284087	<b>0,14755254</b>
1,2% AA-0,3%AA	0,6	0,43	0,769950754	3,07264E-06
0,9% AA-0,6% AA	0,1	-0,07	0,269950754	<b>0,359337262</b>
1,2% AA-0,6% AA	0,566666667	0,3967	0,73661742	5,23257E-06
1,2% AA-0,9% AA	0,466666667	0,2967	0,63661742	3,06112E-05

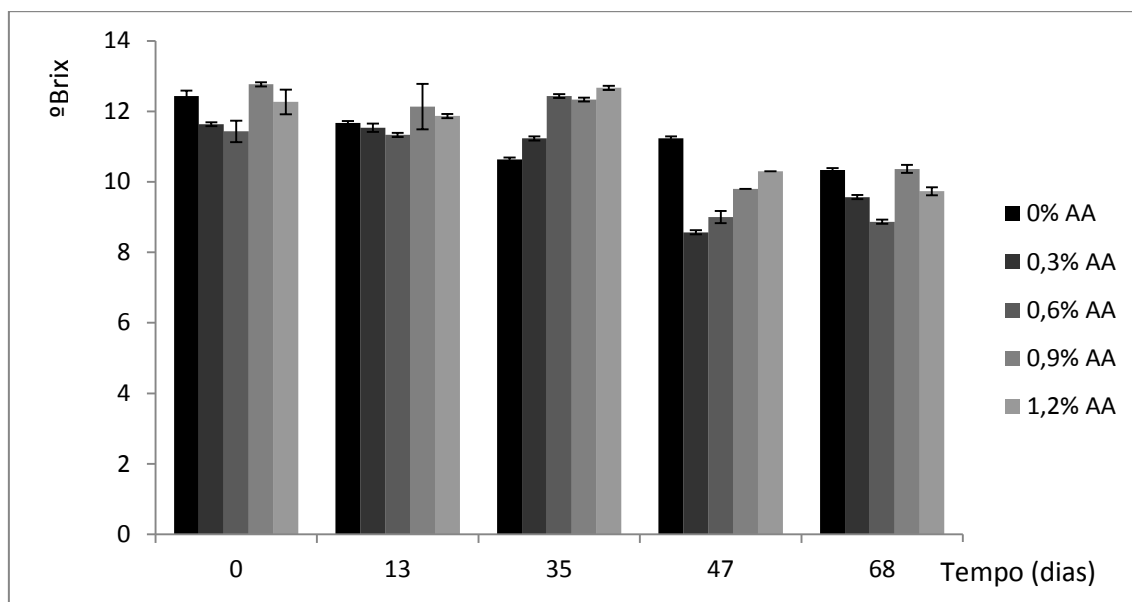
<i>Fator</i>	<i>Médias</i>	<i>Grupos</i>
1,2% AA	2,166666667	a
0,9% AA	1,7	b
0,6% AA	1,6	b
0,3%AA	1,566666667	b
0%AA	1,233333333	c

Através da análise da tabela 6 podemos verificar que existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre as polpas com 0%AA e todas as outras e entre as polpas com 1,2%AA e todas as outras. Também podemos verificar que não existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre as polpas com 0,3%AA, 0,6%AA e 0,9%AA.

Os valores encontrados por Reinhardt e Medina (1992) para a acidez foram de 0,61 a 0,65 e 0,37 a 0,43 g de ácido cítrico por 100 g de polpa, respectivamente. Os valores obtidos neste estudo foram bem superiores. De salientar que os abacaxis utilizados estavam ainda num estado de maturação precoce. Para além disso também pode estar relacionado com outros factores, tais como variedade, práticas culturais, origem geográfica, estágio de crescimento e condições de colheita dos frutos (Kim et al., 2003), como já foi dito anteriormente e que está de acordo com os respetivos valores de pH.

### 9.1.3. Teor de Sólidos Solúveis

Na figura 16 representa-se a variação do teor de Sólidos Solúveis das polpas congeladas ao longo do tempo, em função da concentração de ácido ascórbico adicionado.



**Figura 16 - Variação do °Brix das polpas congeladas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) ao longo de um período de 68 dias.**

O gráfico da figura 16 mostra que houve uma redução do °Brix em todas as polpas com diferentes teores de ácido ascórbico adicionado. Esta redução pode ser explicada pelo facto de a congelação ter sido lenta, isto é, ocorreu a formação de cristais de gelo maiores do que numa congelação rápida, que provocaram a ruptura das membranas celulares (Martin et al. 1982). Essa destruição celular pode ter libertado a pectina, cuja matriz pode ter absorvido alguns açúcares livres, reduzindo o °Brix.

**Tabela 7 – Anova realizada para os valores de °Brix obtidos para as polpas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia da sua preparação (tempo 0).**

<i>Tabela da Anova</i>					
	<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
Fator	4	3,736	0,934	18,93243243	0,000116972
Resíduos	10	0,4933	0,049333333		

<i>Níveis</i>	<i>Centro</i>	<i>Limite.Inferior</i>	<i>Limite.Superior</i>	<i>P-valor</i>
0,3%AA-0%AA	-0,8	-1,397	-0,203152568	0,008972958
0,6% AA-0%AA	-1	-1,597	-0,403152568	0,001850965
0,9% AA-0%AA	0,333333333	-0,264	0,930180766	<b>0,405230178</b>
1,2% AA-0%AA	-0,16666667	-0,764	0,430180766	<b>0,883249398</b>
0,6% AA-0,3%AA	-0,2	-0,797	0,396847432	<b>0,801574983</b>
0,9% AA-0,3%AA	1,133333333	0,5365	1,730180766	0,000701058
1,2% AA-0,3%AA	0,633333333	0,0365	1,230180766	0,03658299
0,9% AA-0,6% AA	1,333333333	0,7365	1,930180766	0,000184272
1,2% AA-0,6% AA	0,833333333	0,2365	1,430180766	0,006831445
1,2% AA-0,9% AA	-0,5	-1,097	0,096847432	<b>0,113592344</b>

<i>Fator</i>	<i>Médias</i>	<i>Grupos</i>
0,9% AA	12,76666667	a
0%AA	12,43333333	a
1,2% AA	12,26666667	a
0,3%AA	11,63333333	b
0,6% AA	11,43333333	b

Através da análise estatística podemos verificar que não existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre as polpas com 0%AA, 0,9%AA e 1,2%AA, e entre as polpas com 0,3%AA e a polpa com 0,6%AA.

Os valores encontrados por Guimaraes (1981) situaram-se entre os 16 e os 18 °Brix, valores bem superiores aos encontrados no presente estudo. Estes valores baixos de °Brix podem indicar que os frutos utilizados ainda estavam num grau de maturação muito precoce, e pode explicar os valores de acidez total obtidos que foram elevados, bem como os de pH baixo.

**Tabela 8 – Anova realizada para os valores de °Brix obtidos para as polpas preparadas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no dia final dos testes efectuados (tempo 68).**

<i>Tabela da Anova</i>					
	<i>G.L.</i>	<i>Soma de Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estat. F</i>	<i>P-valor</i>
<b>Fator</b>	<b>4</b>	<b>4,596</b>	<b>1,149</b>	<b>156,6818182</b>	<b>5,65799E-09</b>
<b>Resíduos</b>	<b>10</b>	<b>0,0733</b>	<b>0,007333333</b>		

<i>Níveis</i>	<i>Centro</i>	<i>Limite.Inferior</i>	<i>Limite.Superior</i>	<i>P-valor</i>
0,3%AA-0%AA	-0,76666667	-0,997	-0,536552258	5,27087E-06
0,6% AA-0%AA	-1,46666667	-1,697	-1,236552258	9,88787E-09
0,9% AA-0%AA	0,033333333	-0,197	0,263447742	<b>0,987852847</b>
1,2% AA-0%AA	-0,6	-0,83	-0,369885592	4,84465E-05
0,6% AA-0,3%AA	-0,7	-0,93	-0,469885592	1,21582E-05
0,9% AA-0,3%AA	0,8	0,5699	1,030114408	3,54791E-06
1,2% AA-0,3%AA	0,166666667	-0,063	0,396781075	<b>0,196855995</b>
0,9% AA-0,6% AA	1,5	1,2699	1,730114408	7,5384E-09
1,2% AA-0,6% AA	0,866666667	0,6366	1,096781075	1,67287E-06
1,2% AA-0,9% AA	-0,63333333	-0,863	-0,403218925	2,99856E-05

<i>Fator</i>	<i>Médias</i>	<i>Grupos</i>
0,9% AA	10,36666667	a
0%AA	10,33333333	a
1,2% AA	9,733333333	b
0,3%AA	9,566666667	b
0,6% AA	8,866666667	c

Através da análise da tabela 8 podemos verificar que não existem diferenças significativas ( $\alpha < 0,05$ ) entre as polpas com 0%AA e 0,9%AA, e entre as polpas com 0,3%AA 1,2%AA. Existem diferenças significativas entre a polpa com 0,6% e as restantes.

#### 9.1.4. Compostos fenólicos

Na tabela 9 comparam-se os valores dos compostos fenólicos das polpas com diferentes teores de ácido ascórbico na altura da preparação e após os 68 dias.

**Tabela 9 – Compostos Fenólicos das Polpas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no tempo 0 e no tempo 68 (Mg de equivalente de ácido gálico por 100 gr de massa seca).**

	Tempo 0	Tempo 68
Polpa 0%AA	8,30 $\pm$ 0,83	6,27 $\pm$ 0,44
Polpa 0,3%AA	8,29 $\pm$ 0,28	5,90 $\pm$ 0,2
Polpa 0,6%AA	8,01 $\pm$ 0,17	7,15 $\pm$ 0,20
Polpa 0,9%AA	7,88 $\pm$ 0,37	7,09 $\pm$ 0,11
Polpa 1,2%AA	8,13 $\pm$ 0,43	7,18 $\pm$ 0,19

Kuskoski et al. (2005) e Oliveira (2008) analisaram os compostos fenólicos de abacaxi e encontraram valores de 21,7 e 9,1 mg de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de massa seca.

Os valores encontrados neste estudo foram ligeiramente inferiores aos encontrados em estudos realizados. Este facto pode ser explicado pelas variações na maturação, variedade, práticas culturais, origem geográfica, estágio de crescimento e condições de colheita dos frutos (Kim et al., 2003).

Através da análise da tabela 2 podemos verificar que houve uma ligeira redução dos compostos fenólicos de todas as polpas, facto que pode ser explicado pela oxidação dos mesmos. Também podemos verificar que a polpa com mais ácido ascórbico adicionado (1,2%AA) foi a que teve uma menor redução, isto é, o ácido ascórbico pode ter tido influência na oxidação dos compostos fenólicos.



### 9.1.5. Actividade antioxidante (DPPH)

Foi realizada a determinação da actividade antioxidante das polpas com diferentes teores de ácido ascórbico para averiguar se havia diferenças entre todas elas.

Na tabela 10 podemos ver os resultados obtidos.

**Tabela 10 – Actividade antioxidante das Polpas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no tempo 0 ( $\mu\text{mol}$  de trolox por gr de massa seca).**

	$\mu\text{mol}$ de trolox por gr de massa seca	%RSA
Polpa 0%AA	$42,27 \pm 1,22$	$39,24 \pm 1,03$
Polpa 0,3%AA	$41,89 \pm 1,29$	$38,9 \pm 1,09$
Polpa 0,6%AA	$42,46 \pm 0,35$	$39,4 \pm 0,31$
Polpa 0,9%AA	$44,51 \pm 0,38$	$41,14 \pm 0,32$
Polpa 1,2%AA	$48,66 \pm 0,66$	$44,66 \pm 0,56$

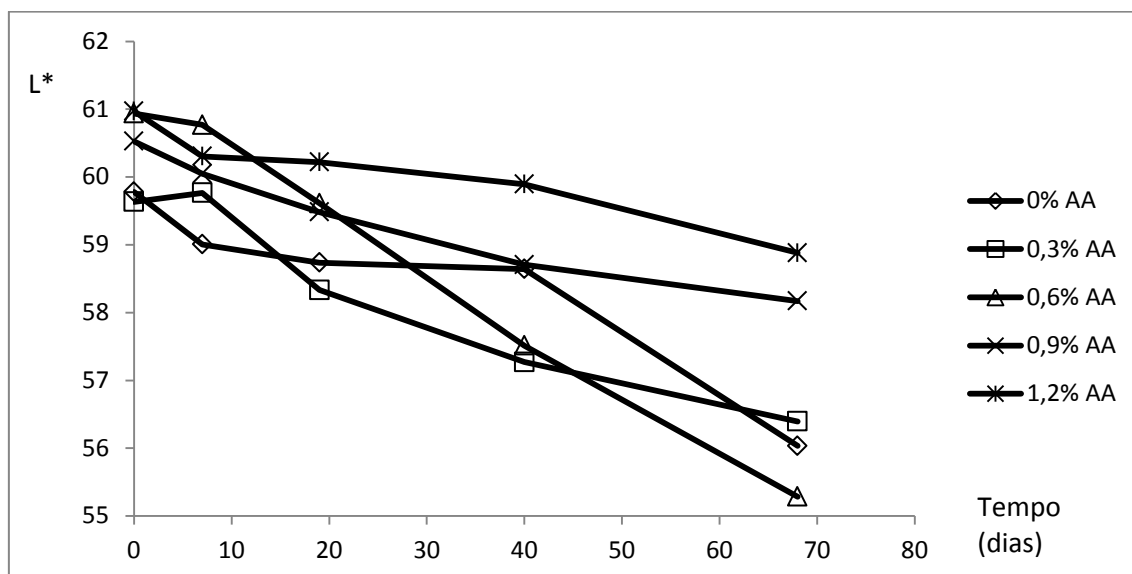
Melo et al. (2008), avaliando a capacidade antioxidante de frutas *in natura* pelo método de captura de radicais DPPH, classificou as frutas em: forte actividade antioxidante, quando degradavam acima de 70% dos radicais DPPH, moderada actividade antioxidante, quando degradavam entre 50 e 70% dos radicais DPPH, e de fraca actividade antioxidante, quando degradavam menos de 50% dos radicais DPPH.

Os valores da % RSA obtidos situaram-se entre os 38,9 e os 44,66% demonstrando que o abacaxi tem uma fraca actividade antioxidante. Podemos verificar que as polpas com 1,2% de ácido ascórbico adicionado foram as que tiveram um potencial antioxidante mais elevado, facto que era esperado tendo em conta que o ácido ascórbico tem propriedades antioxidantes.

### 9.1.6. Cor

Para se perceber quais foram as variações das polpas relativamente à cor foram elaborados 3 gráficos de dispersão, um para a variável  $L^*$  (luminosidade), um para a variável  $C^*$  (saturação) e outro para a variável  $h^0$  (tonalidade).

O gráfico da figura 17 representa a variação da variável  $L$  das polpas com diferentes teores de ácido ascórbico adicionados.



**Figura 17 - Variação da variável L\* das polpas congeladas com diferentes teores de ácido ascórbico adicionado ao longo do período de 68 dias.**

Através da análise do gráfico da figura 17 podemos verificar que houve uma redução do parâmetro L\* (luminosidade) em todas as polpas, sendo que essa diminuição foi mais significativa para as polpas com 0%AA, 0,3%AA e 0,6%AA.

Para as concentrações de 0,9% e 1,2% de ácido ascórbico fez-se o ajuste da equação de uma reta à variação de L\* ao longo do tempo. Esse ajuste está representado na tabela 11.

**Tabela 11 – Actividade antioxidante das Polpas com diferentes teores de ácido ascórbico (AA) no tempo 0 e no tempo 68 (μmol de trolox por gr de massa seca).**

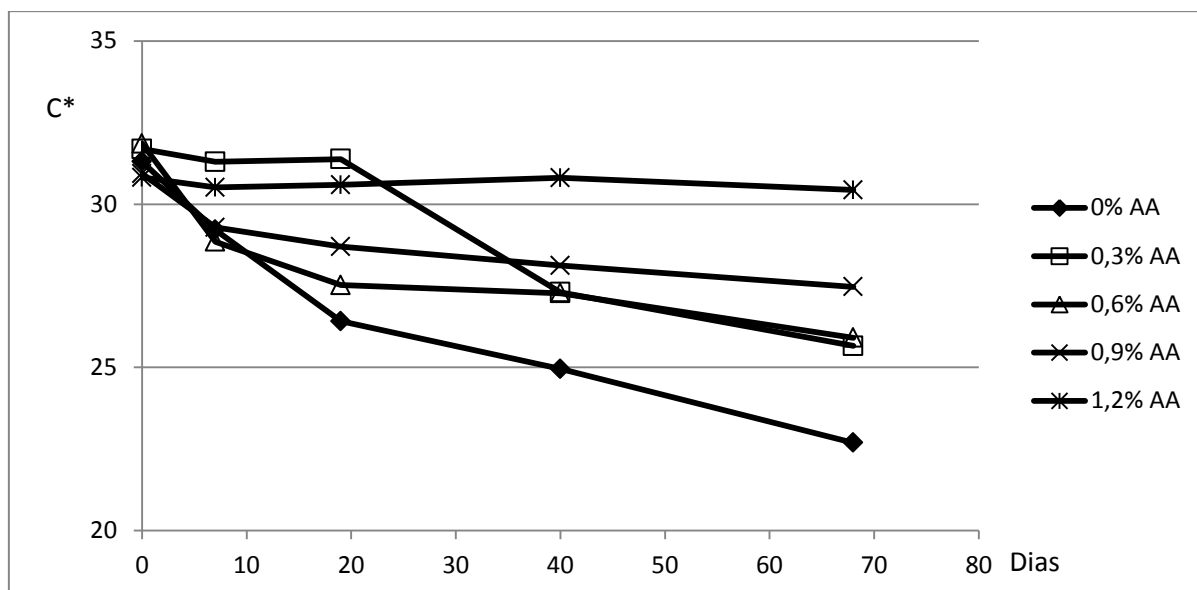
%AA	Equação da recta de L*	R <sup>2</sup>
0,9%	$Y = -0,034x + 60,298$	0,9544
1,2%	$Y = -0,0267x + 60,679$	0,9305

Através da análise da tabela 11 podemos verificar que os declives das duas rectas são muito parecidos, o que nos pode indicar que, apesar de o valor da luminosidade das polpas com 0,9% AA ser ligeiramente inferior ao das polpas com 1,2% AA o decréscimo da luminosidade em ambas foi semelhante. Isto pode significar que têm uma cinética de envelhecimento de L\* idêntica.

É possível verificar que só a partir de uma adição de 0,9% de ácido ascórbico é que ocorre uma inibição mais acentuada do escurecimento das polpas. Isto pode indicar que o ácido ascórbico protegeu a polpa de oxidações.

Os resultados obtidos neste estudo são ligeiramente inferiores aos valores de  $L^*$  apresentados no estudo efectuado por Viana (2013) que foram 77,66 e 76,77 para as variedades smooth cayenne e pérola, respectivamente. Isto significa que as polpas deste estudo são ligeiramente mais escuras, o que pode estar relacionado com o facto de serem menos maduros.

O gráfico da figura 18 representa a variação da variável  $C^*$  das polpas com diferentes teores de ácido ascórbico adicionados.

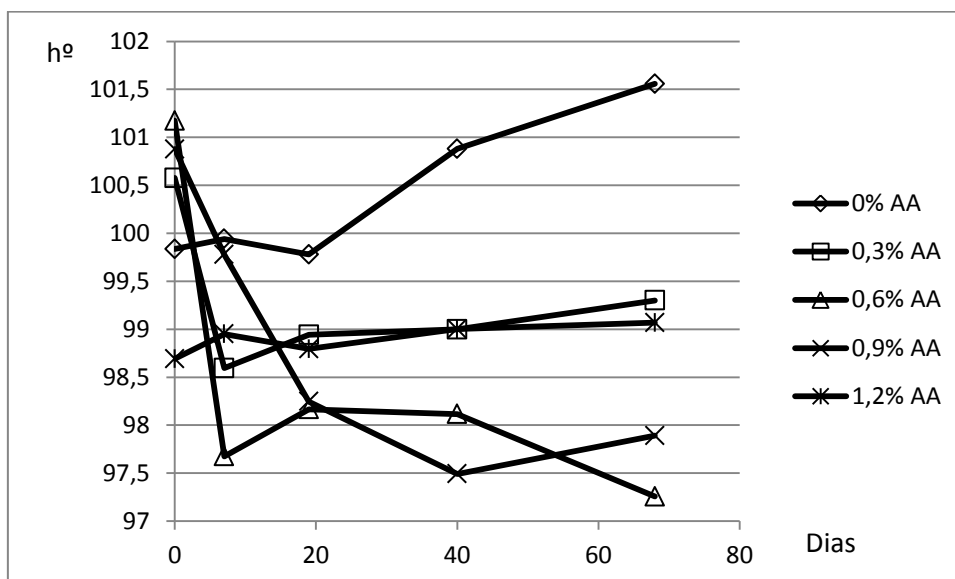


**Figura 18 - Variação da variável  $C^*$  (saturação) dos diferentes tipos de polpa ao longo do período de 68 dias.**

Através da análise do gráfico da figura 18 é possível verificar que todas as polpas de abacaxi estudadas com diferentes teores de ácido ascórbico começaram com um valor de saturação semelhante, mas apenas as polpas com 1,2%AA conseguiram manter constante esse valor ao longo dos 68 dias. No caso das outras polpas houve diminuições da saturação, sendo que essa diminuição foi mais acentuada para as polpas com 0%AA e menos acentuada para as polpas com 0,9%AA.

Os valores de saturação obtidos neste estudo foram superiores aos valores apresentados no estudo efectuado por Viana (2013) que foram 25,66 e 16,46 para as variedades smooth cayenne e pérola, respectivamente.

O gráfico da figura 19 representa a variação da variável  $h^0$  das polpas com diferentes teores de ácido ascórbico adicionados.



**Figura 19 - Variação da variável  $h^0$  (tonalidade) dos diferentes tipos de polpa ao longo do período de 68 dias.**

Através da análise do gráfico da figura 19 podemos verificar que ocorreram alterações significativas da tonalidade das polpas com 0, 0,3, 0,6 e 0,9% de ácido ascórbico. Apenas a polpa com 1,2% de ácido ascórbico manteve a sua tonalidade relativamente constante ao longo dos 68 dias. A concentração mais elevada de ácido ascórbico é a que parece ter um efeito mais positivo na preservação da cor, expressa em termos de  $h^0$ . O mesmo se verificou com  $L^*$  e  $c^*$ .

No caso das amostras sem adição de ácido ascórbico ocorre um aumento acentuado de  $h^0$ , o que corresponde a uma alteração importante da cor das polpas.

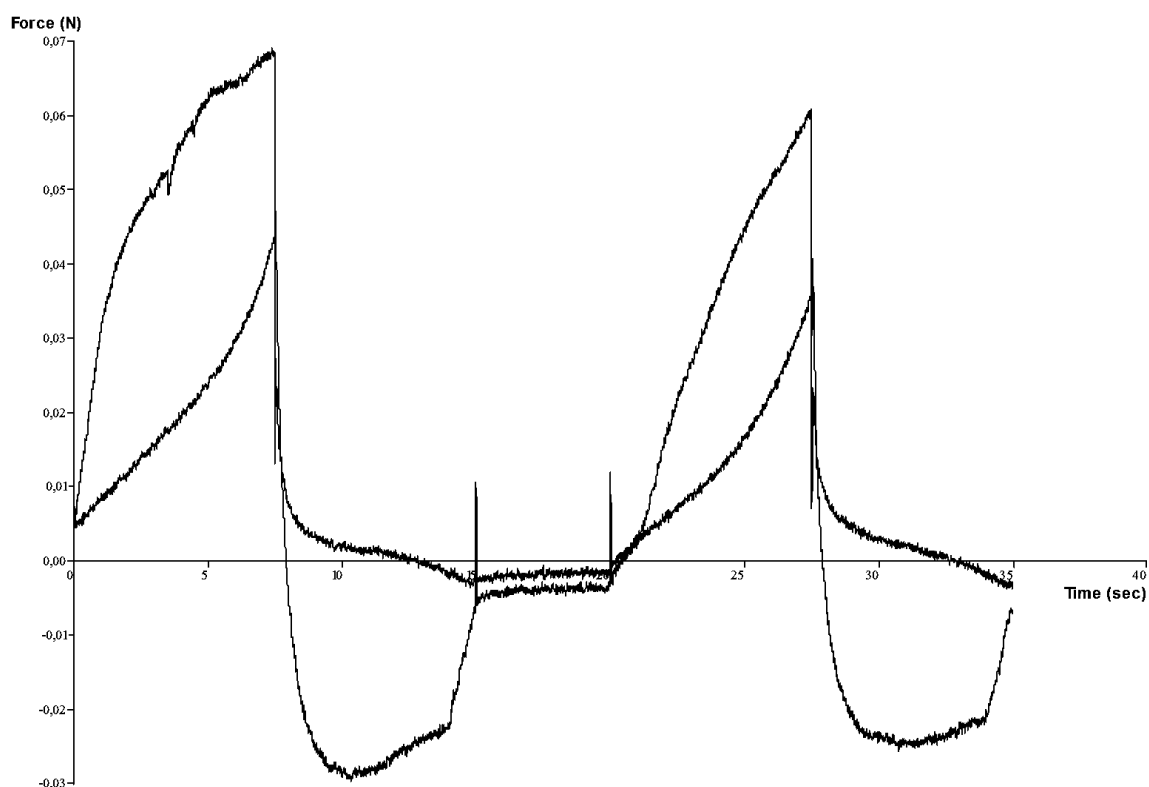
Os valores de tonalidade obtidos neste estudo foram, de um modo geral, superiores aos valores apresentados no estudo efectuado por Viana (2013) que foram de 97,99 e 98,87 para as variedades smooth cayenne e pérola, respectivamente.

### 9.1.7. Avaliação da textura das polpas (TPA)

Com o objectivo de avaliar o impacto da congelação na textura das polpas de abacaxi, avaliou-se a sua textura após 2 dias de congelação e comparou-se com a de uma polpa armazenada, o mesmo período de tempo, em condições de refrigeração.

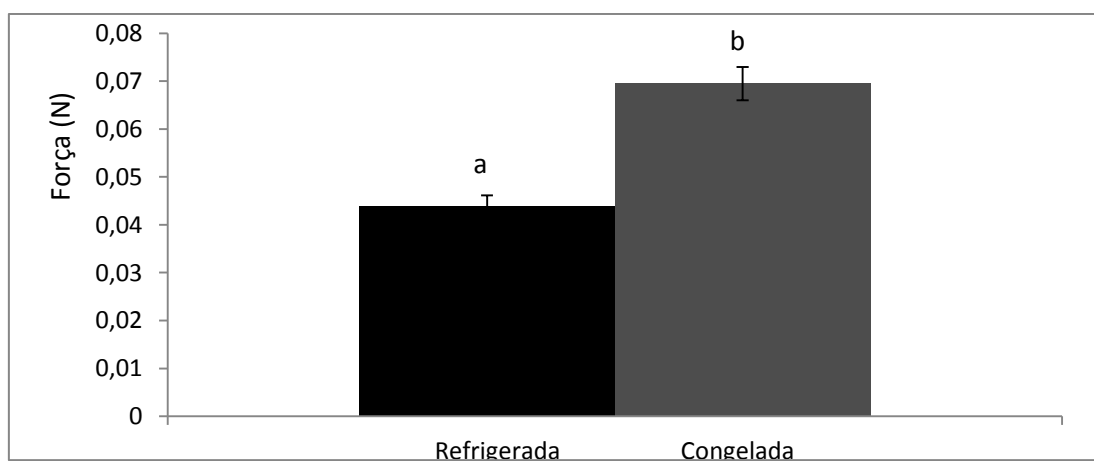
A avaliação da textura foi feita com recurso a um teste TPA, tendo-se considerado os parâmetros de firmeza e adesividade para a comparação das polpas.

No gráfico da figura 20 está representado o texturograma que foi obtido na realização deste teste.



**Figura 20 – Texturograma obtido na realização do teste TPA (texture profile analysis).**

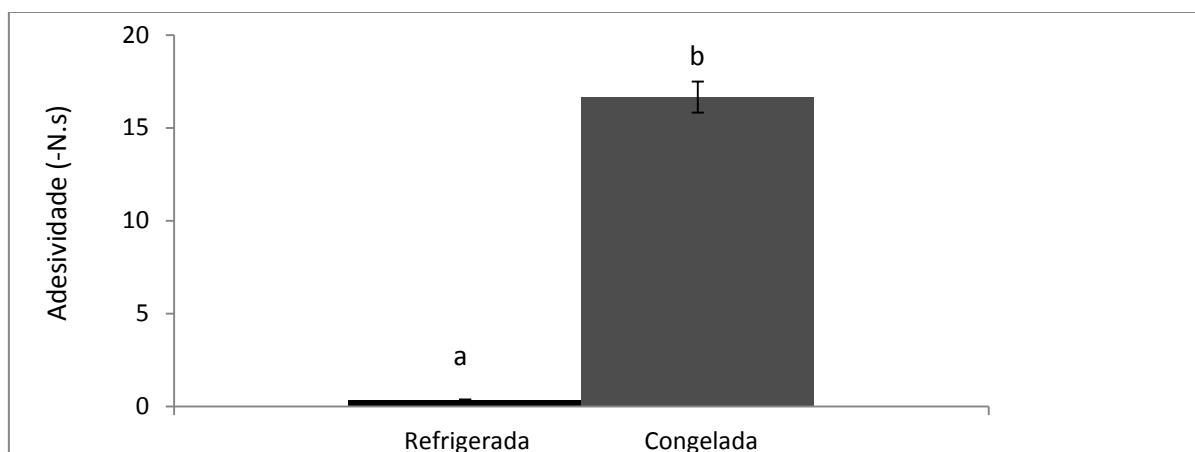
No gráfico da figura 21 estão representados os valores de firmeza de uma polpa congelada e de uma polpa refrigerada.



**Figura 21 – Comparação entre os valores de firmeza de uma polpa refrigerada e de uma polpa congelada.**

As polpas refrigeradas apresentam um valor de firmeza significativamente ( $\alpha < 0,05$ ) inferior ao das polpas congeladas. Este facto pode estar relacionado com o processo de congelação, pois foi um processo de congelação lento no qual ocorreu a formação de cristais de gelo maiores, que destruíram a estrutura das polpas (Martin et al. 1982). Essa destruição poderá ter levado a uma reorganização da estrutura que possibilitou o estabelecimento de ligações mais fortes entre moléculas, levando à formação de uma estrutura mais forte no caso das polpas congeladas.

No gráfico da figura 22 estão representados os valores de adesividade das polpas armazenadas em condições de refrigeração e após congelação, após 2 dias de preparo.



**Figura 22 – Comparação entre os valores de adesividade de uma polpa refrigerada e de uma polpa congelada.**

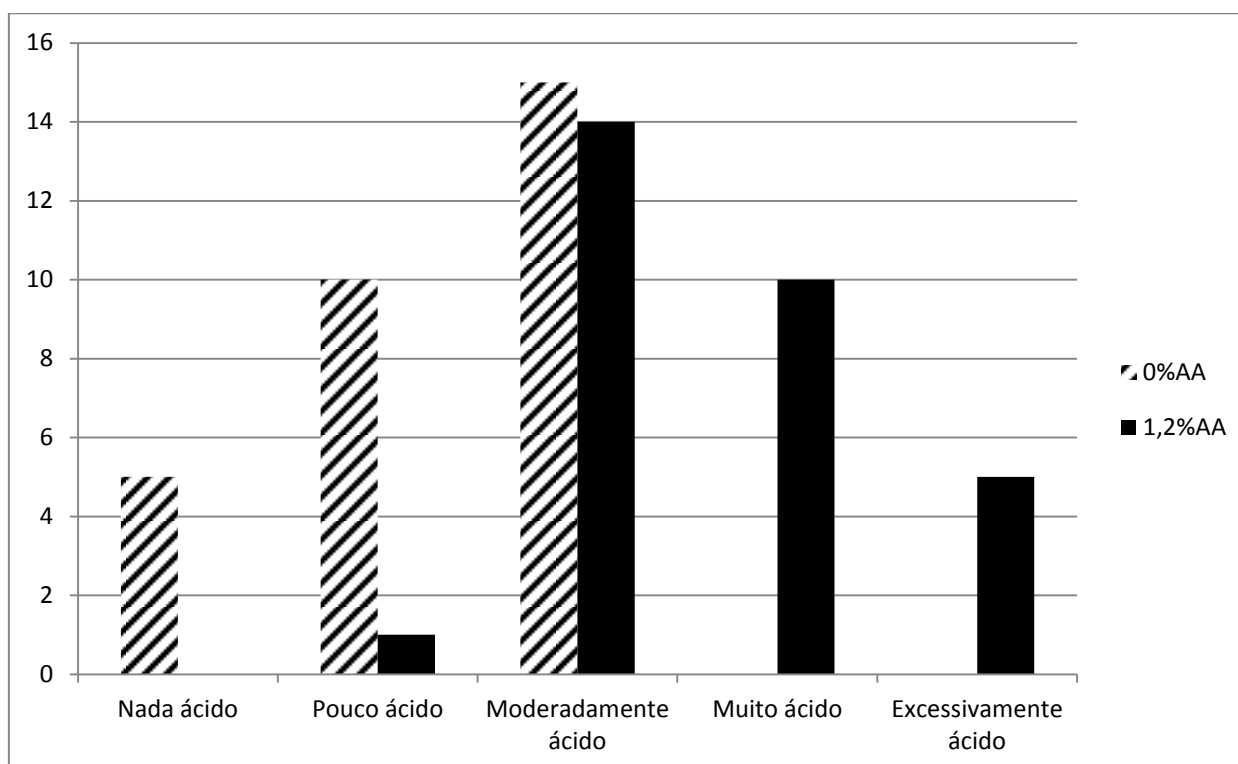
Verificou-se que as polpas congeladas têm um valor de adesividade significativamente superior ao das polpas refrigeradas, sendo estes praticamente nulos. Este resultado pode estar relacionado com a ruptura da membrana celular devido ao processo de congelação lenta que foi aplicado, uma vez que pode ter havido libertação de algum polissacárido que torne a polpa mais adesiva.

### **9.1.8. Análise Sensorial**

Foi efetuada uma prova sensorial com o objectivo de perceber se a adição de ácido ascórbico era perceptível em termos sensoriais, isto é, se aumentava de forma significativa a acidez das polpas.

Na figura 23 estão representados os resultados obtidos da avaliação sensorial da acidez de polpas sem adição de ácido ascórbico e com nível máximo de ácido ascórbico (1,2%).

A ficha de prova encontra-se no anexo 1.



**Figura 23 – Avaliação sensorial da acidez de polpas sem adição de ácido ascórbico (0%AA) e com nível máximo (1,2%AA)**

Através da análise da figura 23 podemos verificar que há uma tendência para que a polpa com 0%AA seja considerada a menos ácida. A maioria das respostas situou-se no “moderadamente ácido” mas as restantes ficaram pelo “pouco ácido” e pelo “nada ácido”. No caso da polpa com 1,2%AA há uma tendência para que ela seja considerada mais ácida. A maioria das respostas situou-se no “moderadamente ácido” mas as restantes ficaram pelo “muito ácido” e “excessivamente ácido”.

Os resultados apresentados levam-nos a verificar que o painel de provadores foi eficaz a discriminar o atributo acidez, verificando-se ainda que uma adição de 1,2% de ácido ascórbico pode ser excessiva, tornando as polpas demasiado ácidas e difíceis de consumir por parte do consumidor final, já que 5 dos 30 provadores considerou “excessivamente ácido”.

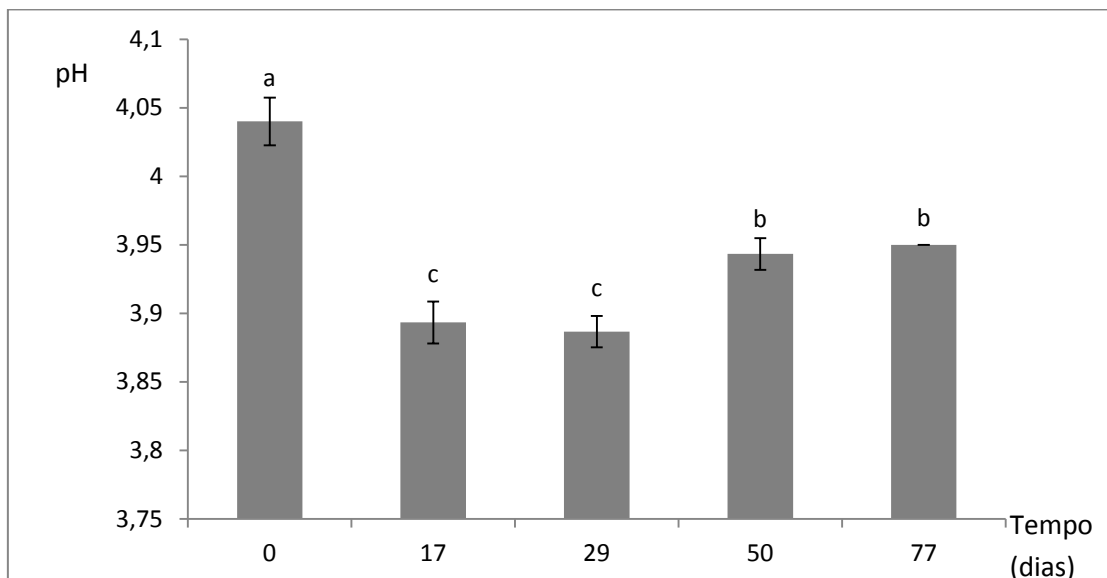
## 9.2. Bebida à base de casca de abacaxi

De acordo com o que foi solicitado pela empresa, apenas se estudaram as características físico-químicas do sumo de casca de abacaxi. Não foram realizados

estudos de tratamento térmico, os quais serão realizados em condições reais na empresa.

### 9.2.1. pH

Na figura 24 estão representados os valores da variação do pH do sumo da casca de abacaxi ao longo do tempo.



**Figura 24 – Variação do pH do sumo da casca de abacaxi ao longo de um período de 77 dias.**

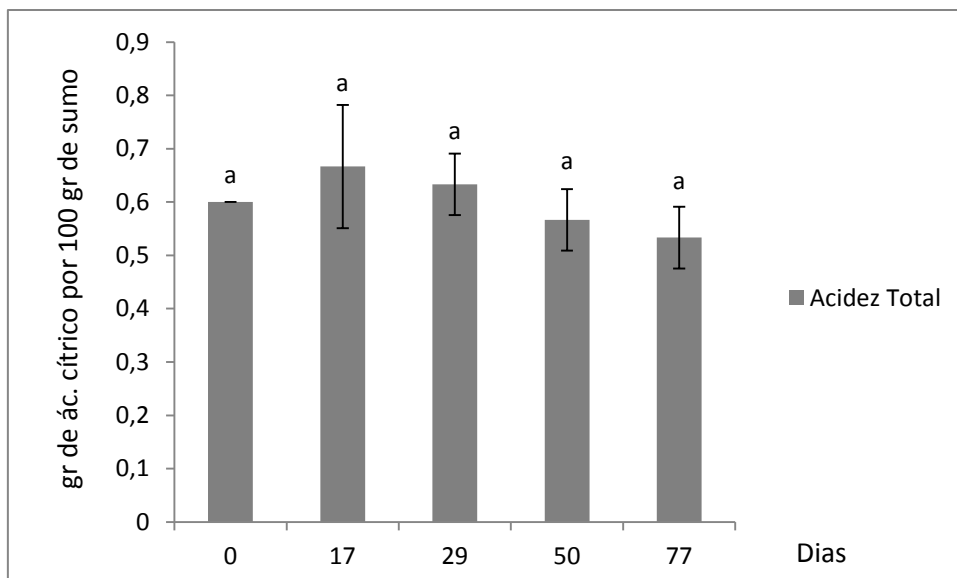
Através da análise da figura 24 podemos verificar que os valores dos dias 17 e 29, e dos dias 50 e 77 não são significativamente diferentes ( $\alpha < 0,05$ ), enquanto que o valor do dia 0 é significativamente diferente ( $\alpha < 0,05$ ) dos restantes.

Podemos verificar que o pH diminuiu ligeiramente ao longo do período de tempo mas foi uma diminuição muito ligeira de apenas 0,15. Ainda assim, essa diminuição poderá ter resultado de equilíbrios químicos que se estabelecem a diferentes temperaturas.

### 9.2.2. Acidez Total

Na figura 25 estão representados os valores da variação da acidez total do sumo de casca de abacaxi ao longo do tempo.





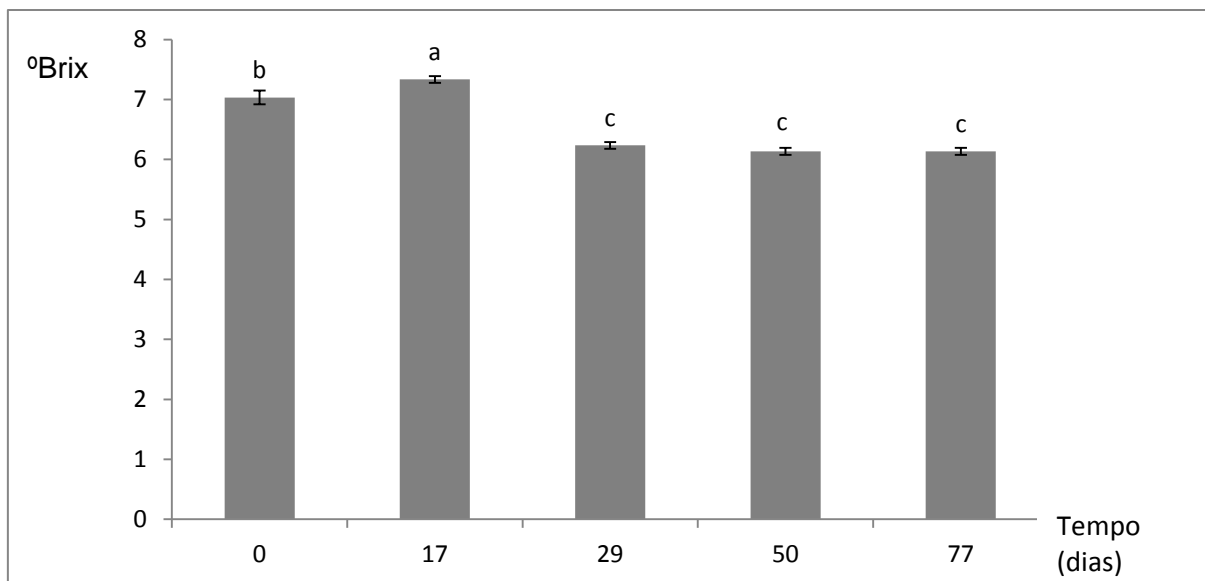
**Figura 25 - Variação da acidez total do sumo da casca de abacaxi ao longo do período de 77 dias.**

Através da análise da figura 25 podemos verificar que os valores de todos os dias não são significativamente diferentes ( $\alpha < 0,05$ ), isto é, que a acidez não variou ao longo do tempo.

Este aspeto é importante, pois confirma os resultados obtidos em termos de pH.

### 9.2.3. Teor de Sólidos Solúveis

Na figura 26 estão representados os valores da variação do teor de Sólidos Solúveis total do sumo de casca de abacaxi ao longo do tempo.



**Figura 26 - Variação do °Brix do sumo de casca de abacaxi ao longo de um período de 77 dias.**

Através da análise estatística dos dados podemos verificar que os valores dos dias 29, 50 e 77 não são significativamente diferentes ( $\alpha < 0,05$ ). Os valores correspondentes aos dias 0 e 17 são significativamente diferentes ( $\alpha < 0,05$ ) um do outro e superiores relativamente aos restantes valores dos outros três dias.

Em termos globais, verifica-se uma diminuição pouco acentuada do °Brix a partir dos 17 dias de conservação. Essa redução pode resultar de interações entre os açúcares livres da amostra e macromoléculas, como proteínas e pectinas por exemplo. Esta interação pode ser relativamente lenta, especialmente a temperaturas baixas, e pode ser responsável por esta pequena variação.

#### 9.2.4. Compostos Fenólicos

Na tabela 12 comparam-se os valores dos compostos fenólicos do sumo de casca de abacaxi na altura da preparação e após os 77 dias.

**Tabela 12 – Compostos Fenólicos do sumo da casca de abacaxi no tempo 0 e no tempo 77 (Mg de equivalente de ácido gálico por 100 gr de massa seca).**

	Tempo 0	Tempo 77
Sumo da casca de abacaxi	79 ± 7,32	20,5 ± 2,50

Verifica-se que o sumo da casca tem um teor elevado de compostos fenólicos, ao contrário da polpa. No entanto houve uma degradação significativa ( $\alpha < 0,05$ ) dos compostos fenólicos, ao longo do período de conservação, provavelmente devido a uma oxidação.

### 9.2.5. Actividade antioxidante (DPPH)

Na tabela 13 encontram-se os resultados obtidos para a actividade antioxidante do sumo de casca de abacaxi.

**Tabela 13 – Actividade antioxidante do sumo da casca de abacaxi no tempo 0 (umol de trolox por gr de massa seca).**

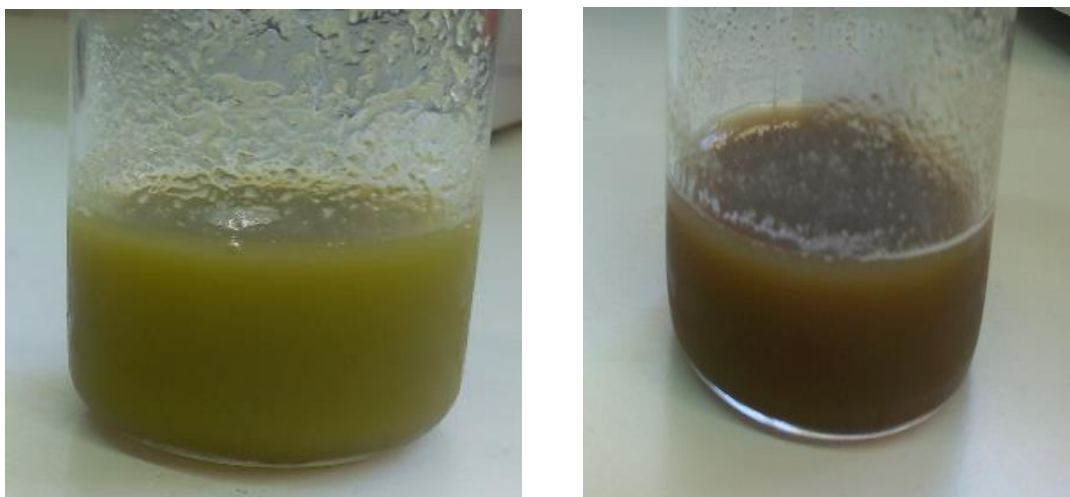
	<b>Tempo 0</b>	<b>%RSA</b>
Sumo da casca de abacaxi	34,27 $\pm$ 1,05	32,44 $\pm$ 0,89

Através da análise da tabela 13 podemos verificar que o sumo da casca de abacaxi tem um potencial antioxidante baixo. Comparando estes valores com os valores obtidos para as polpas em 9.1.5. verificamos que são inferiores, ou seja, o sumo da casca de abacaxi tem um potencial antioxidante inferior ao da polpa do abacaxi (aproximadamente 40  $\mu$ mol de trolox por gr de massa seca). Apesar do sumo ter mais compostos fenólicos a polpa tem compostos fenólicos e carotenóides, facto que pode explicar estes resultados.

### 9.2.6. Cor

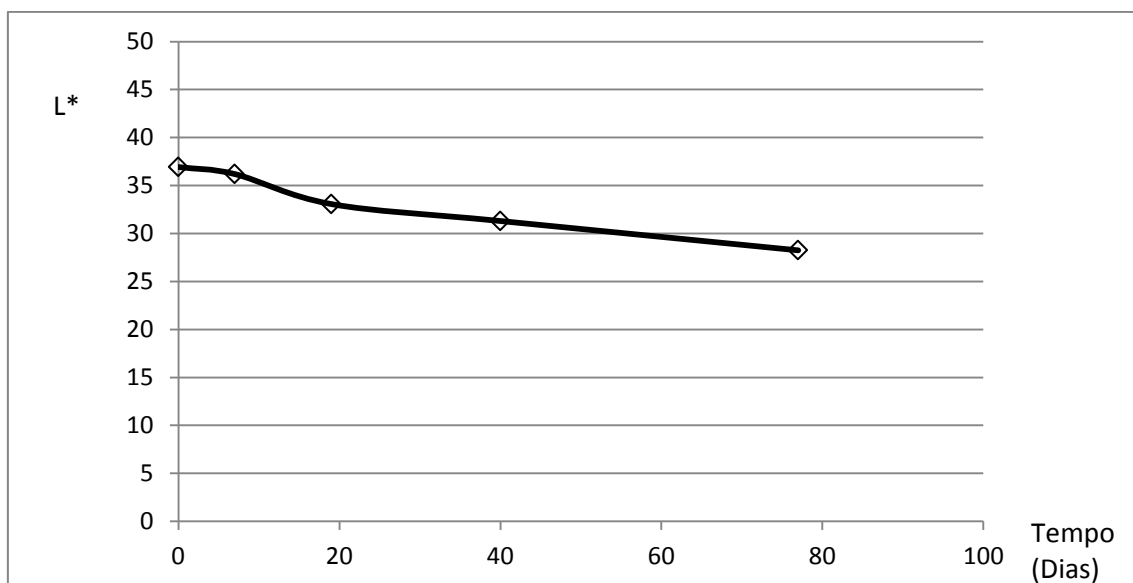
A avaliação instrumental da cor do sumo da casca de abacaxi foi efetuada com base nos valores de L\*, C\* e h°, tal como se efetuou para as polpas.

Na figura 27 estão representadas 2 fotografias tiradas ao sumo de casca de abacaxi no dia da sua preparação e no último dia do período de conservação estabelecido. Observando a figura podemos verificar que ocorreu um escurecimento do sumo.



**Figura 27 - Sumo de casca de abacaxi no tempo 0 à esquerda e no tempo 77 à direita.**

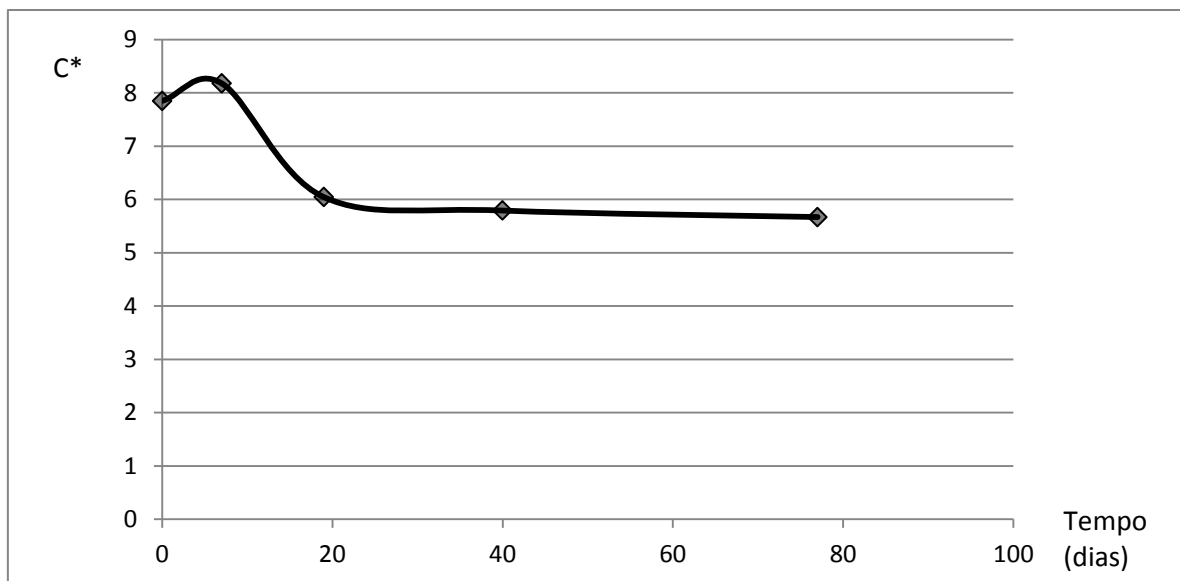
Na figura 28 está representada a a variação da variável  $L^*$  do sumo da casca de abacaxi ao longo do período de conservação estabelecido.



**Figura 28 - Variação da variável  $L^*$  (luminosidade) do sumo de casca de abacaxi ao longo de um período de 77 dias.**

Através da análise do gráfico da figura 28 podemos verificar que houve uma alteração significativa da luminosidade do sumo da casca de abacaxi. Este facto é importante pois revela que houve um escurecimento do sumo que pode estar relacionado com a oxidação do mesmo.

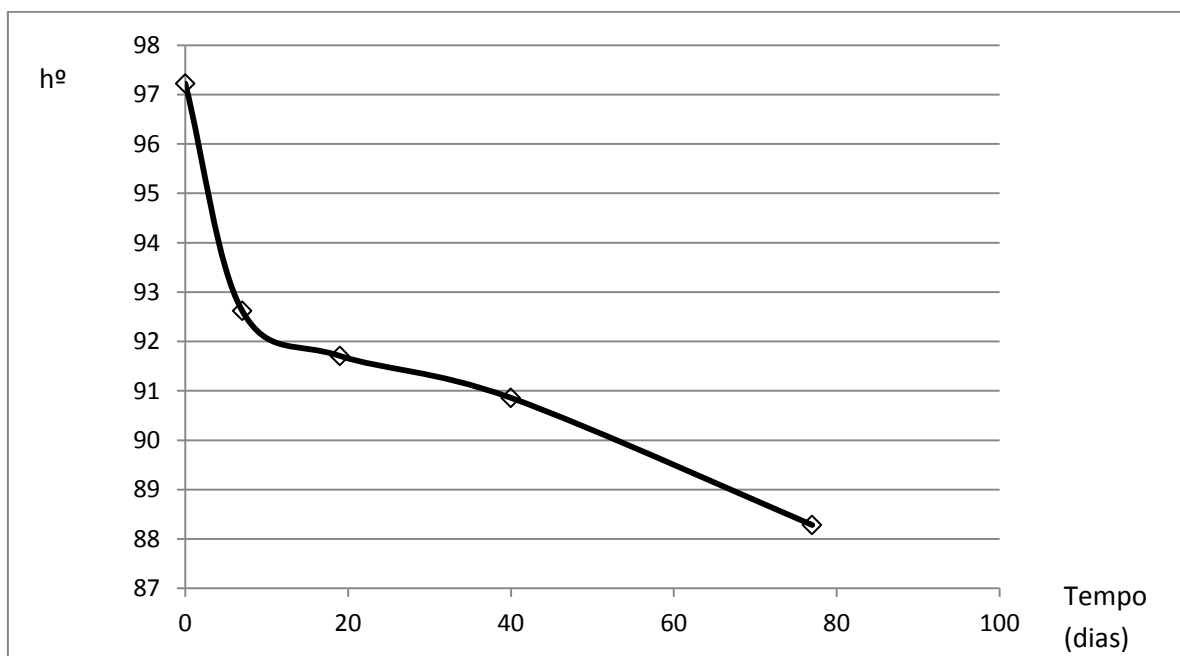
Na figura 29 está representada a a variação da variável  $c^*$  do sumo da casca de abacaxi ao longo do período de conservação estabelecido.



**Figura 29 - Variação da variável  $C^*$  (saturação) do sumo da casca de abacaxi ao longo de um período de 77 dias.**

Através da análise do gráfico da figura 29 podemos verificar que houve uma redução residual de  $c^*$ , mas após 10 dias mantém-se relativamente constante. Isto indica-nos que não ocorrem alterações significativas da saturação do sumo.

Na figura 30 está representada a a variação da variável  $h^0$  do sumo da casca de abacaxi ao longo do período de conservação estabelecido.



**Figura 30 - Variação da variável  $h^0$  (tonalidade) do sumo da casca de abacaxi ao longo de um período de 77 dias.**

Através da análise do gráfico da figura 30 podemos verificar que houve uma alteração significativa da tonalidade do sumo. Este facto foi bem visível pois a cor do sumo passou de um verde-claro para um verde um pouco mais escuro. Esta tonalidade mais escura pode estar relacionada com alguma oxidação dos compostos fenólicos que ocorreu ao longo dos 77 dias.

### **9.2.7. Análise Sensorial**

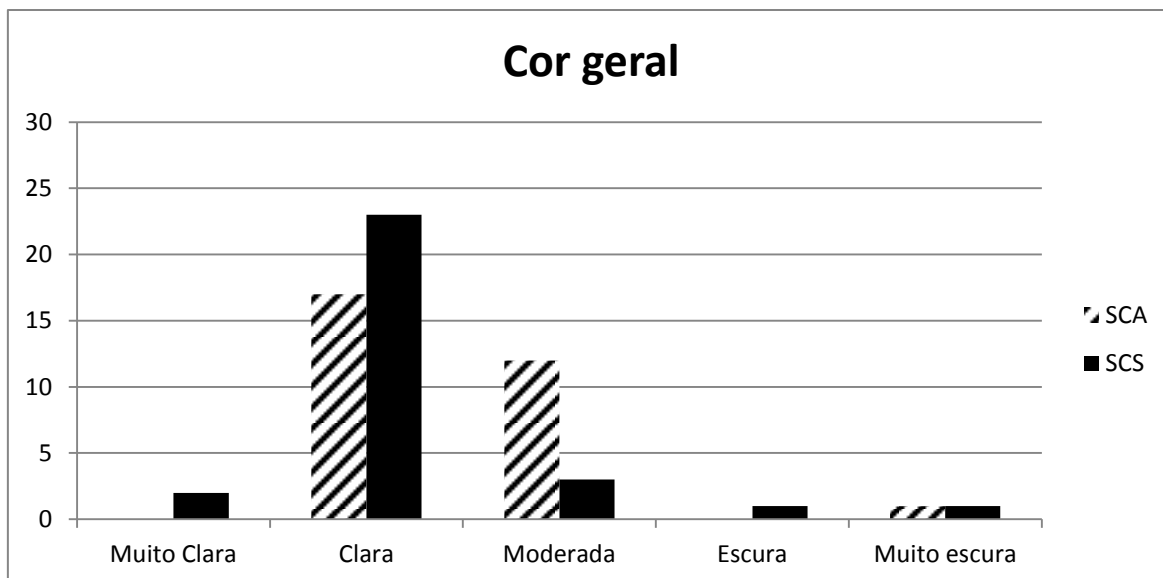
Foi efetuada uma prova sensorial com o objectivo de se obter uma formulação base com uma quantidade (%) de sumo de casca de abacaxi estabelecida. Também se quis perceber se a bebida ficava melhor com açúcar ou com adoçante.

#### **9.2.7.1. Bebida com açúcar e stevia**

Nesta prova sensorial foram elaborados dois tipos de bebida, uma com açúcar e uma com stevia (ver alínea 8.3). A stevia é um pequeno arbusto que pertence à família *Asteraceae* e pode atingir 30 a 90 cm de altura. Foi descoberta no Paraguai e funciona como um adoçante (fonte: [www.aromaticasvivas.com/pt/ervas-aromaticas-vivas/stevia.aspx](http://www.aromaticasvivas.com/pt/ervas-aromaticas-vivas/stevia.aspx)). Esta alternativa ao açúcar é utilizada à escala industrial por diversas empresas produtoras de sumos.

Agora será efectuada uma análise aos gráficos obtidos a partir do tratamento estatístico dos dados das fichas de prova sensorial. A ficha de prova sensorial encontra-se no anexo 2.

No gráfico da figura 31 está representada a avaliação da cor geral das bebidas com açúcar e com stevia.



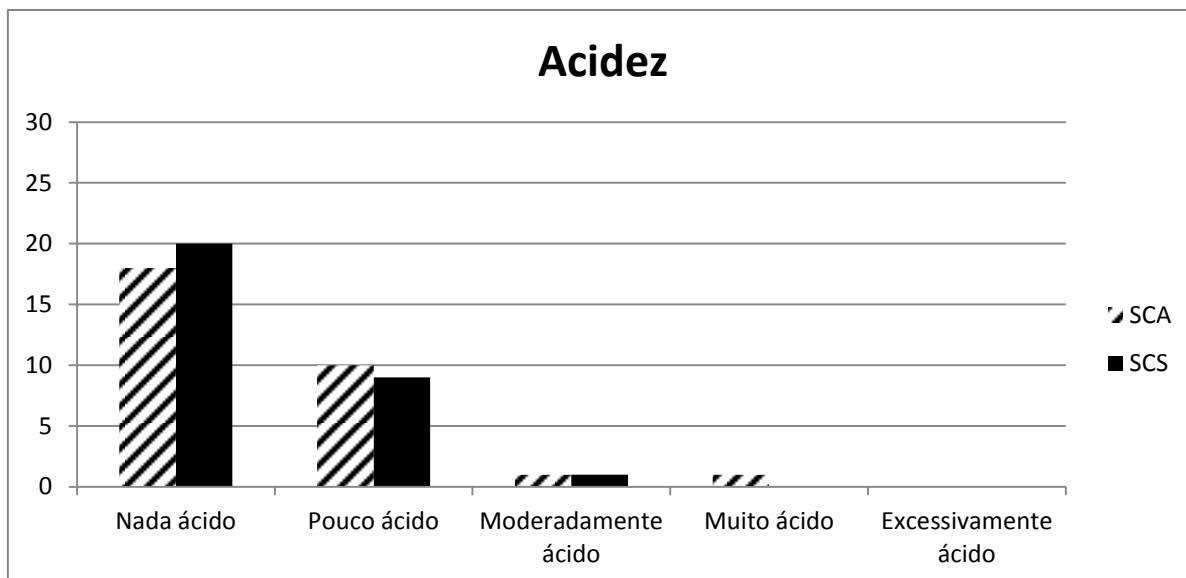
**Figura 31 – Avaliação sensorial da cor geral das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia).**

Através da análise do gráfico da figura 31 podemos verificar que a bebida SCS foi considerada como uma bebida de cor “clara”. A bebida SCA dividiu um pouco os provadores entre a escolha da cor “clara” e da “moderada”.

Tendo em conta que a única diferença entre as bebidas foi a utilização de açúcar num e de adoçante no outro, podemos verificar que o açúcar teve influência na cor tornando-a ligeiramente mais escura.

De um modo geral os provadores gostaram da cor da bebida pois era um verde claro e que se podia associar a um produto saudável.

No gráfico da figura 32 está representada a avaliação sensorial da acidez das bebidas com açúcar e com stevia.

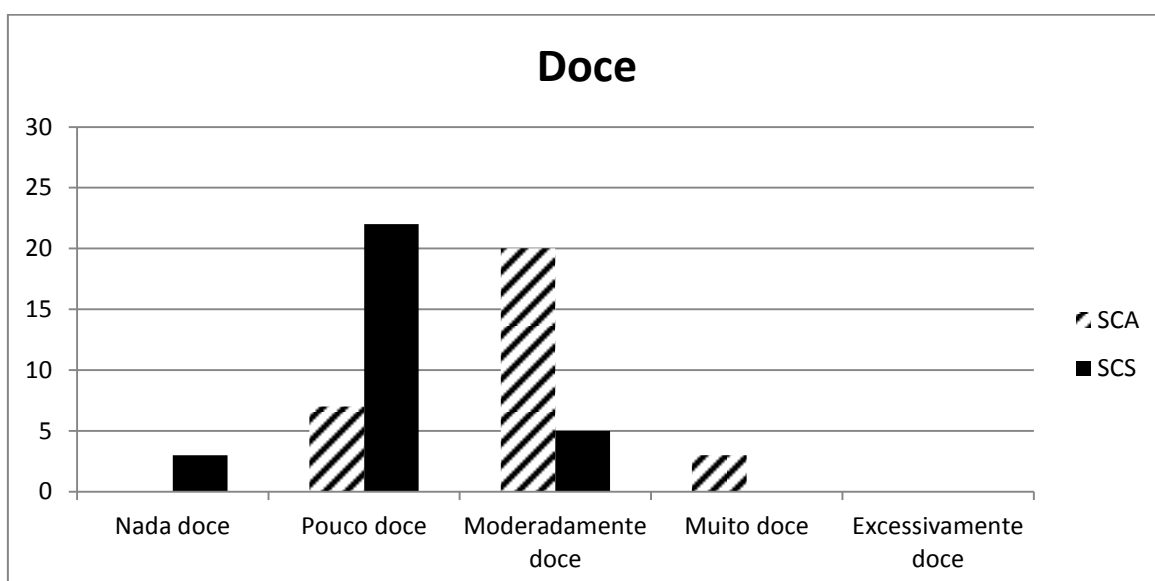


**Figura 32 – Avaliação sensorial da acidez das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia).**

Através da análise do gráfico da figura 32 podemos verificar as bebidas foram consideradas “nada ácido” e “pouco ácido”.

Este facto foi algo que desiluiu um pouco os provadores porque quando souberam que iam provar uma bebida de casca de abacaxi ficaram com a expectativa de sentir alguma acidez, pois é um atributo que se associa ao abacaxi.

No gráfico da figura 33 está representada a avaliação sensorial do sabor doce das bebidas com açúcar e com stevia.

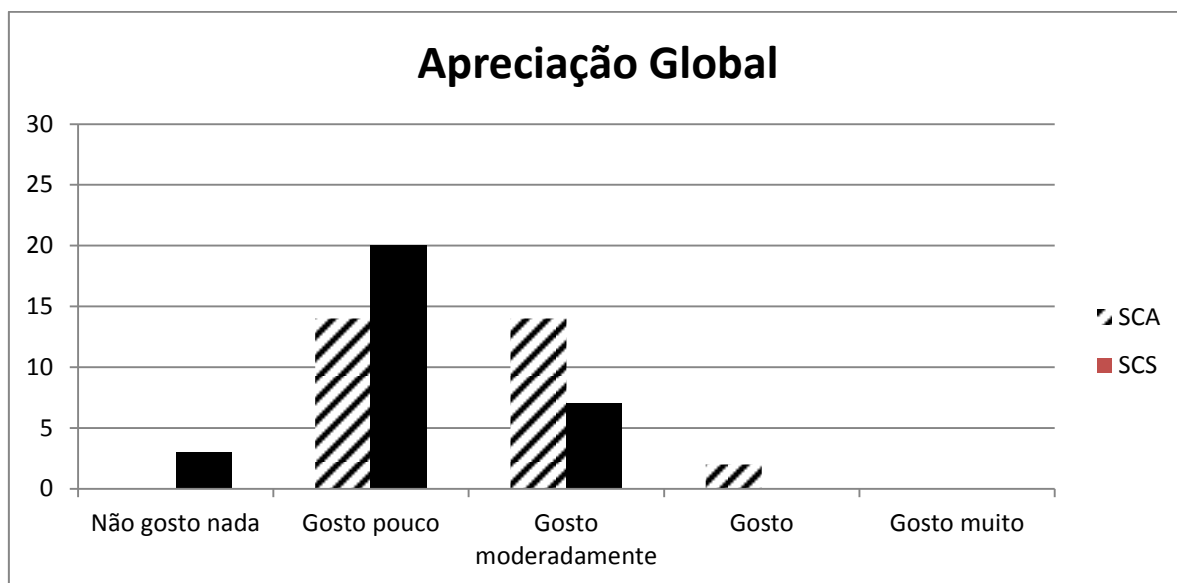


**Figura 33 – Avaliação sensorial do sabor doce das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia).**



Através da análise do gráfico da figura 33 podemos verificar que os provadores consideraram que a bebida SCA era “moderadamente doce”, ao contrário da bebida SCS que foi considerada “pouco doce”.

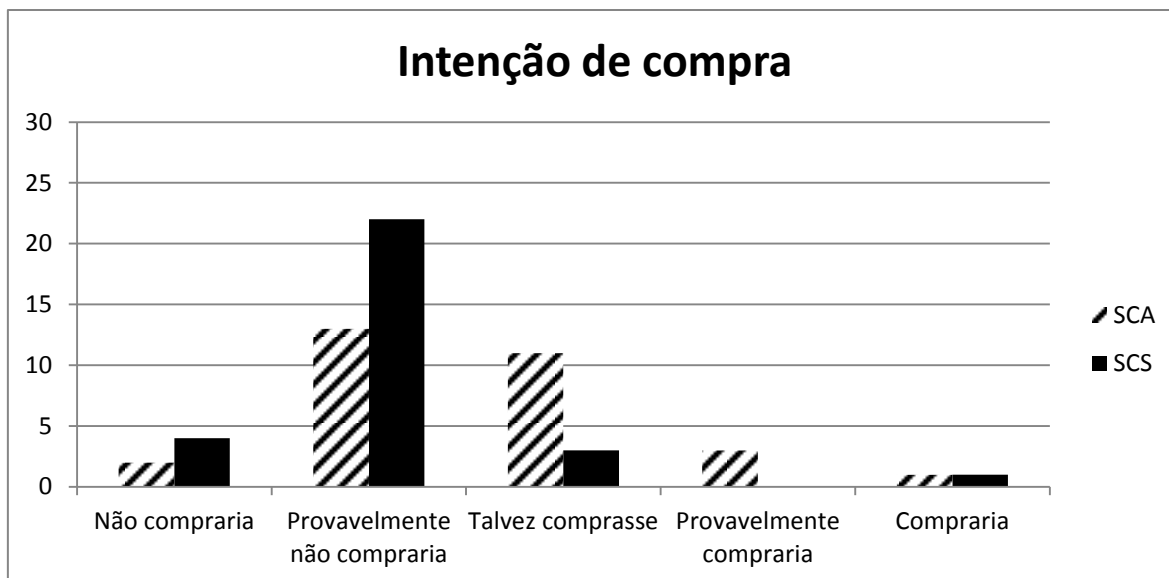
No gráfico da figura 34 está representada a avaliação sensorial da apreciação global das bebidas com açúcar e com stevia.



**Figura 34 – Avaliação sensorial da apreciação global das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia).**

Através da análise do gráfico da figura 34 podemos verificar que, de um modo geral, os provadores gostaram menos da bebida SCS que teve mais provadores a escolher a opção “gosto pouco”. A bebida SCA teve um número igual de provadores a escolher as opções “gosto pouco” e “gosto moderadamente”.

No gráfico da figura 35 está representada a avaliação sensorial da intenção de compra das bebidas com açúcar e com stevia.



**Figura 35 - Avaliação sensorial da intenção de compra das bebidas SCA (bebida com açúcar) e SCS (bebida com stevia).**

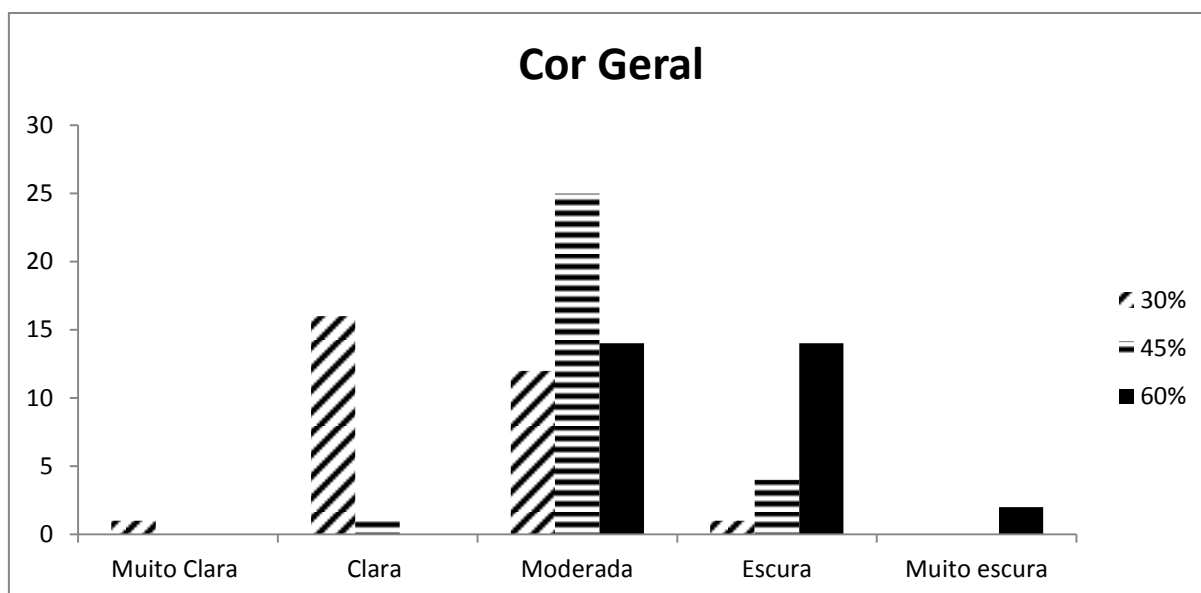
Através da análise do gráfico da figura 35 podemos verificar que os provadores decidiram, de um modo geral, que provavelmente não comprariam o sumo SCS. O sumo SCA obteve melhores resultados mas não foram satisfatórios, pois o objectivo era criar um sumo que os provadores gostassem e quisessem comprar.

#### **9.2.7.2. Bebidas com 30, 45 e 60% de sumo de casca de abacaxi**

Atendendo a que os resultados obtidos na 1ª parte do estudo sobre a apreciação sensorial da bebida à base de casca de abacaxi, com incorporação de 8% de sumo da casca de abacaxi não foram os mais satisfatórios, decidiu-se então realizar uma nova prova sensorial. Foram elaborados três tipos de sumo com diferentes concentrações de sumo da casca de abacaxi (ver alínea 8.3). Nesta prova decidiu-se usar apenas açúcar, uma vez que na anterior prova se verificou que as pessoas gostaram mais da bebida com açúcar.

Efetuuou-se uma análise aos gráficos obtidos a partir do tratamento estatístico dos dados das fichas de prova sensorial. A ficha de prova encontra-se no anexo 3

No gráfico da figura 36 está representada a avaliação da cor geral das bebidas com diferentes concentrações de sumo da casca de abacaxi.

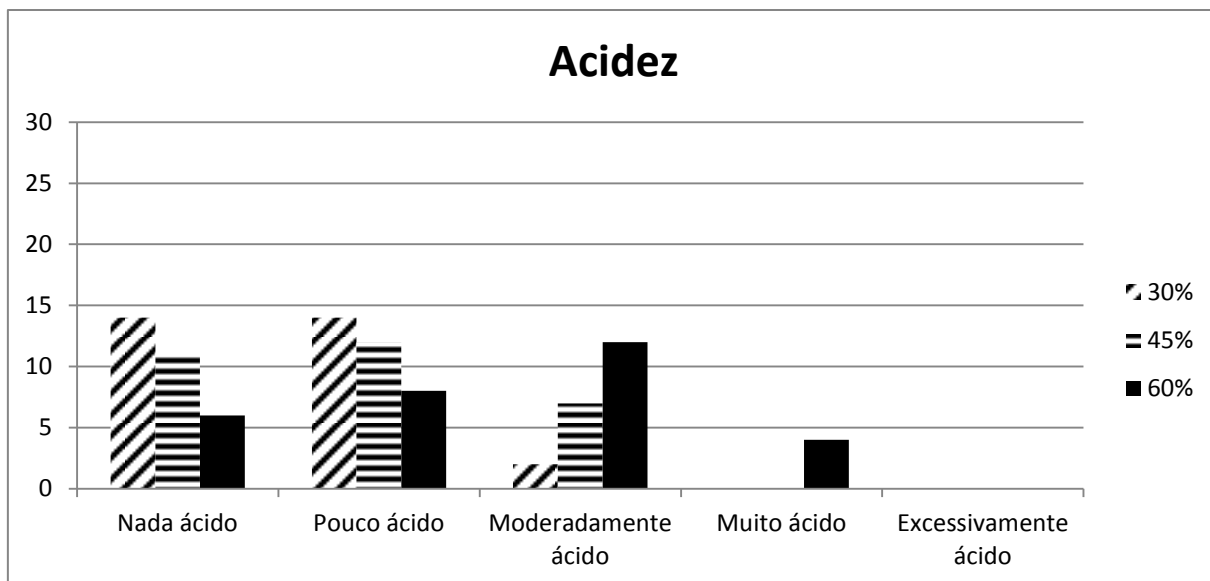


**Figura 36 – Avaliação sensorial da cor geral das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo de casca de abacaxi.**

Através da análise do gráfico da figura 36 podemos verificar que a bebida S1 foi considerada mais clara e que a bebida S3 foi considerada mais escura pelos provadores. A bebida S2 apresentou uma cor moderada.

Isto significa que as concentrações de sumo têm influência na tonalidade das bebidas, sendo que com o aumento da concentração o sumo fica mais escuro. Este facto foi bem perceptível pelo painel.

No gráfico da figura 37 está representada a avaliação sensorial da acidez das bebidas com diferentes concentrações de sumo da casca de abacaxi.

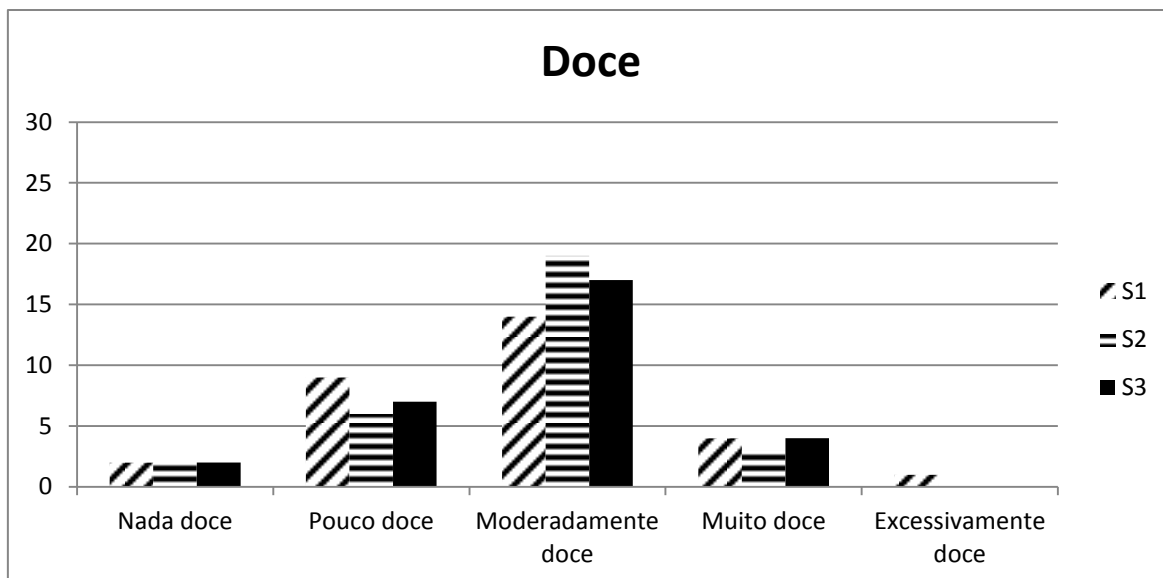


**Figura 37 - Avaliação sensorial da acidez das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo de casca de abacaxi.**

Através da análise do gráfico da figura 37 podemos verificar que a concentração de sumo de casca de abacaxi teve influência na acidez das bebidas.

A bebida com 30% de sumo da casca de abacaxi dividiu a opinião dos provadores entre o “nada ácido” e o “pouco ácido”. A bebida com 45% também teve a maioria das respostas associadas a uma baixa acidez mas alguns provadores consideraram “moderadamente ácido”. Quase metade dos provadores considerou a bebida com 60% “moderadamente ácido” e os restantes dividiram-se entre as opções “nada ácido”, “pouco ácido” e “muito ácido”.

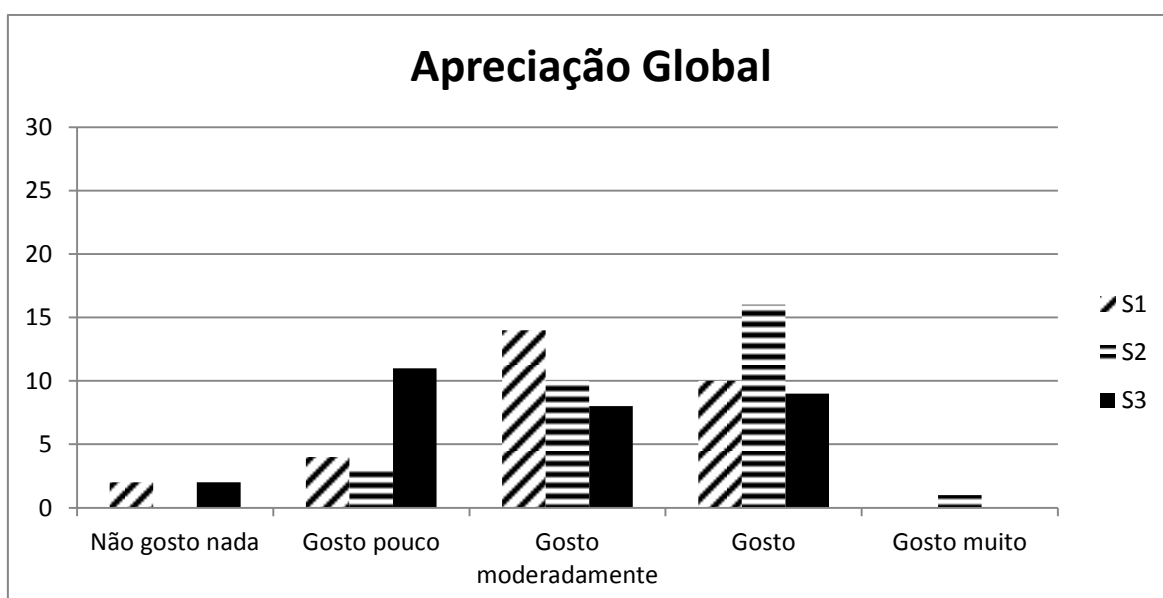
No gráfico da figura 38 está representada a avaliação sensorial do sabor doce das bebidas com diferentes concentrações de sumo da casca de abacaxi.



**Figura 38 - Avaliação sensorial da acidez das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo de casca de abacaxi.**

Através da análise do gráfico da figura 38 podemos verificar que os provadores acharam, na sua maioria, que as bebidas eram moderadamente doces.

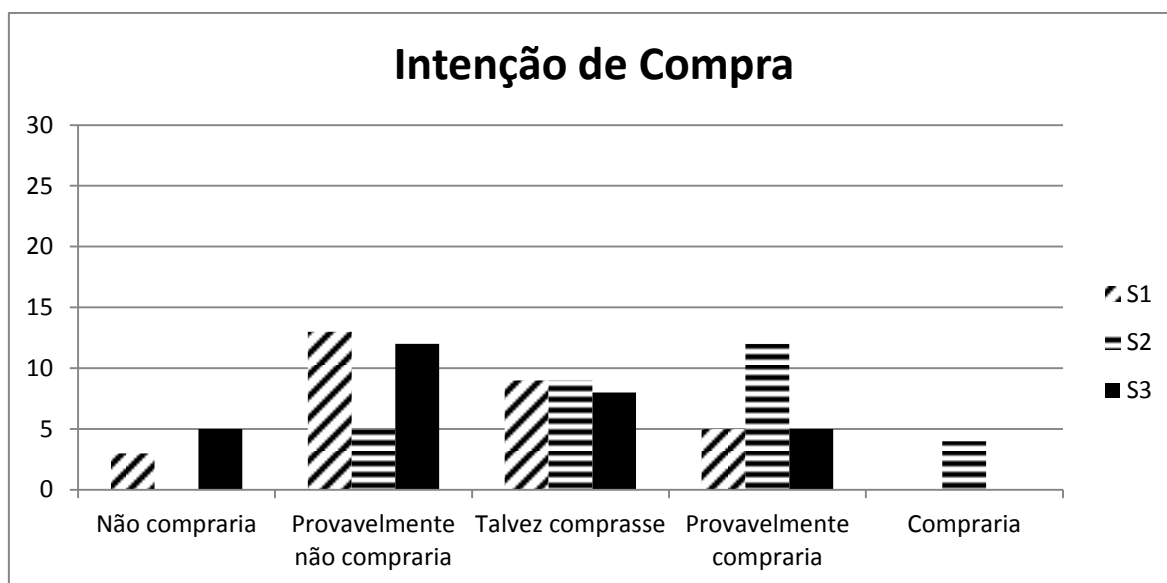
No gráfico da figura 39 está representada a avaliação da apreciação global das bebidas com diferentes concentrações de sumo da casca de abacaxi.



**Figura 39 - Avaliação sensorial da apreciação global das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo de casca de abacaxi.**

Através da análise do gráfico da figura 39 podemos verificar que a bebida que os provadores menos gostaram foi a bebida com 60% de concentração de sumo da casca de abacaxi, pois teve mais provadores a escolher a opção “gosto pouco”. As bebidas com 30 e 45% foram as que os provadores mais gostaram, sendo que a bebida com 45% teve mais provadores a escolher a opção “gosto”.

No gráfico da figura 40 está representada a avaliação da intenção de compra das bebidas com diferentes concentrações de sumo da casca de abacaxi.



**Figura 40 - Avaliação sensorial da intenção de compra das bebidas com 30, 45 e 60% de concentração de sumo de casca de abacaxi.**

Através da análise do gráfico da figura 40 podemos verificar que a bebida que os provadores mais gostaram foi a bebida com 45% de concentração de sumo da casca de abacaxi, uma vez que a grande maioria se dividiu entre as opções “talvez comprasse” e “provavelmente compraria”. Já as bebidas S1 e o S3 foram as únicas a ter provadores que não comprariam e tiveram mais provadores a escolher a opção “provavelmente não compraria”.

Fazendo uma análise global dos resultados referentes à análise sensorial das bebidas com 3 concentrações diferentes de sumo da casca de abacaxi é possível afirmar que a bebida com 45% de concentração de sumo da casca de abacaxi foi a que teve mais sucesso.

## Capítulo III – Conclusões Gerais

O trabalho efectuado permitiu concluir que a adição de diferentes concentrações de ácido ascórbico teve influência nos valores de pH, acidez total, compostos fenólicos, actividade antioxidante e cor das polpas de abacaxi. O pH foi mais baixo para as polpas com maior quantidade de ácido ascórbico adicionado (1,2%), como seria de esperar. Os compostos fenólicos degradaram-se em todas as polpas mas degradaram-se menos nas polpas com mais ácido ascórbico adicionado, fato que pode ser explicado pelas propriedades antioxidantes do ácido ascórbico que impediu a oxidação de compostos fenólicos. A actividade antioxidante foi fraca/moderada, sendo que as polpas com mais ácido ascórbico adicionado apresentaram um potencial antioxidante superior, fato que pode estar relacionado com as propriedades antioxidantes do ácido ascórbico. De uma forma geral, a cor manteve-se mas os melhores resultados foram obtidos para as polpas com mais ácido ascórbico adicionado. A congelação alterou a textura das polpas, pois ficaram com mais firmeza e adesividade. Esta alteração pode estar relacionada com a congelação lenta que foi aplicada, visto que ocorreu formação de cristais de gelo maiores que degradaram a estrutura das polpas. Essa destruição poderá ter levado a uma reorganização da estrutura que possibilitou o estabelecimento de ligações mais fortes entre moléculas, levando à formação de uma estrutura mais forte no caso das polpas congeladas.

A prova sensorial permitiu verificar que esta adição de 1,2% de ácido ascórbico torna as polpas mais ácidas.

Relativamente ao sumo da casca verificou-se que tem um pH baixo (não tão baixo como o da polpa) e um °Brix inferior ao da polpa (não é tão doce). É rico em compostos fenólicos (tem mais do que a polpa) e tem um potencial antioxidante inferior ao da polpas. Houve alterações da cor ao longo do tempo tendo o sumo ficado mais escuro e menos aromático, provavelmente devido ao facto de ter havido oxidação dos compostos fenólicos.

As provas sensoriais permitiram chegar a uma concentração ideal de sumo da casca de abacaxi que foi de 45%. Deverão ser realizados estudos de forma a tornar a bebida mais ácida e aromática. Para tal, vai ser incorporada polpa de abacaxi na bebida à base de casca de abacaxi.

## Capítulo IV – Bibliografia

- Agüero, M. V., Ansorena, M. R., Roura, S. I., Del Valle, C. E. (2008).** Thermal inactivation of peroxidase during blanching of butternut squash. *LWT – Food Science and Technology*, 41, 401–407.
- Allende, A., Tomás-Barberán, F. & Gil, M. (2006).** Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 513-519.
- Ambrósio, C. (2006).** Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. *Revista de nutrição*, 19 (2), Campinas.
- Arthey, D. & Dennis, C. (1992).** Procesado de hortalizas. *Zaragoza : Acribia*.
- AOAC. Official methods of analysis. (1997)** 16ª ed., 3ª rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, 2 (32), 1-43.
- Avila, I. M. L. B. & Silva, C. L. M. (1999).** Modeling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. *Journal of Food Engineering*, 39, 161–166.
- Beaufort, A., Poumeyrol, G. & Rudelle, S. (1992).** Fréquence de contamination par *Listeria* et de produits de 4eme gamme. *Rev. Gen. Du Froid*, 82, 28–31.
- Berg, H. V. D., Faulks, R. & Southon, S. (2000).** The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 880–912.
- Block, G., Patterson, B. & Subar, A. (1992).** Nutrition and Cancer. *Taylor and Francis* 1, 18.
- Bone, R.A., Landrum, G. T., Dixon, Z., Chen, Y. & Llerena M. C. (2000).** Lutein and zeaxanthin in the eyes, serum and diet of human subjects. *Experimental Eye Research*, 71, 239–245.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- Bray, T. M. (2000).** Dietary antioxidants and assessment of oxidative stress. *Nutrition*, 16, 578–581.
- Breidt, F. & Fleming, .H.P. (1997).** Using lactic acid bacteria to improve the safety of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 1997, 51, 44-51.
- Britton, G. (1995).** Structure and properties of carotenoids in relation to function. *FASEB J.*, 9, 1–8.
- Buettner, G. R. (1986).** Ascorbic acid antioxidation in the presence of iron and copper chelates. *Free Rad ResCommun.* 1, 349–353.
- Cadenas, E. & Packer, L. (2002).** *Handbook of Antioxidants*. New York, USA : Marcel Dekker.
- Canet, W. (1989).** Quality and stability of frozen vegetables. In: *Developments in Food Preservation*, 5, Thorne, S. (Eds.), Elsevier Science Publishing Inc., NewYork.DrLange, 1994.



- Carvalho, V. D. & Clemente, P. R. (1981).** Qualidade, colheita, industrialização e consumo de abacaxi. *Abacaxi - Tecnologia de Produção. Informe Agropecuário. Belo Horizonte*, 7 (74), 37-42.
- Chen, B.H., Peng, H.Y. & Chen, H.E. (1995).** Changes of carotenoids, color and vitamin A contents during processing of carrot juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 1912–1918.
- Chun, O. K., Kim, D., Smith, N., Schroeder, D., Han, J. T. & Lee, C. Y. (2005).** Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1715–1724.
- Chutintrasri, B. & Noomhorm, A. (2007).** Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *LWT*, 40, 300–306.
- Clemente, E. & Pastore, G. M. (1998).** Peroxidase and polyphenoloxidase: The importance for food technology. *Boletim da SBCTA*. 32, 167–171.
- Collins, A.R. & Harrington, V. (2002).** Antioxidants: not only reason to eat fruit and vegetables. *Phytochemistry Reviews*. 1, 167–174.
- Corbo, M. R., Altieri, C., D'amato, D., Campaniello, D., Del Nobile, M. L. & Sinigaglia, L. (2004).** Effect of temperature on shelf life and microbial population of lightly processed cactus pear fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 31, 93–104.
- Cortés, C., Esteve, M. & Frígola, A. (2008).** Color of orange juice treated by High Intensity Pulsed Electric Fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control*, 19, 151-158.
- Cruz, R. M. S., Vieira, M. C. & Silva, C. L. M. (2006).** Effect of heat and thermosonication treatments on peroxidase inactivation kinetics in watercress (*Nasturtium officinale*). *Journal of Food Engineering*, 72, 8–15.
- Davey, M. W., Montagu, M. V. & Inzé, D. (2000).** Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J. Sci. Food Agric.* 80, 825–860.
- De Martin, Z. J.; Souza Junior, A. J.; Lara, J. C. C. De & Hashizume, T. (1978).** Processamento: produtos e subprodutos, características e utilização. *Frutas Tropicais* 2. *Abacaxi*. Campinas, ITAL, 95-134.
- Díaz, R. & Beristain, C. I. (1992).** Estabilización y almacenamiento de pulpa de piña de alta humedad. *Ciênc. Tecnol. Alimente.*, 12, (2): 153-159.
- DiSilvestro, R. A. (2001).** Antioxidant actions of soya. *Food Industry Journal*. 4, 210–220.
- Duangmal, K. & Apenten, R. K. O. (1999).** A comparative study of polyphenoloxidases from taro (*Colocasia esculenta*) and potato (*Solanum tuberosum* var. *Romano*). *Food Chemistry*. 64, 351–359.
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G. & Grolier, P. (2003).** Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 83, 369–382.

- Fiorucci, A. R., Soares, M. H. F. B. & Cavaleiro, E. T. G. (2003).** A importância da Vitamina C na sociedade através dos tempos. *Química Nova na Escola*, n.17, 3-7.
- Francis, G. A., Thomas, C. & O'Beirne, D. (1999).** The microbiological safety of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Science & Technology*, 34, 1-22.
- Friedman, M. (1996).** Food browning and its prevention: An overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44, 631–653.
- Galli, A. & Franzetti, L. (1997).** Aspetti microbiologici e sicurezza degli ortaggi della IV gamma. *Tecnol. Alim.* 2, 96–105.
- Gonçalves, E.M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S. & Silva, C. L. M. (2007).** Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. *Journal of Food Engineering*. 81, 693–701.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., Vila-Rodriguez, J. A., Ayala-Zavala, J. F. & Yahia, E. M. (2010).** Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Trend. Food Sci. Technol.* 21, 475–482.
- Gordon, H. T. & Bouernfeind, J. C. (1982).** Carotenoids as food colorants. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 18–59.
- Gortner, W. A., Dull, G. G. & B. H. (1967).** Fruit development, maturation, ripening and senescence. A biochemical basis for horticultural terminology. *HortScience, St. Joseph Michigan*, 2 (4), 141-144.
- Gras, M.H., Druet-Michaud, C. & Cerf, O. (1994).** La flore bactérienne des feuilles de salade fraîche. *Sci. Alim.* 14, 173–188.
- Gry, J., Black, L., Eriksen & F. D., Pilegaard (2007).** A Combined Composition and Biological Activity Database for Bioactive Compounds in Plant-Based Food. *Trends in Food Science and Technology*. 18, 434-444.
- Günes, B. e Bayindirh, A. (1993).** Peroxidase and lipoxigenase inactivation during blanching of green beans, green peas and carrots. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 26, 406–410.
- Guerra, N. B. & Livera, A. V. (1999).** Correlação entre o perfil sensorial e determinações físicas e químicas do abacaxi cv. 'Pérola'. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 21 (1), 32-35.
- Guerzoni, M.E., Gardini, F., Corbo, M. E. & Lanciotti, R. (1997).** *Modelling of growth of microorganisms on minimally processed fruits and vegetables in relation to technological and environmental conditions*. Italy : Bologna, 15-20.
- Guimaraes, P. M. M. B. (1981).** Desenvolvimento e maturidade – colheita do abacaxi Pérola e Smooth Cayenne. I.Glicídios e constituintes ácidos. *Congresso Brasileiro de fruticultura, VI, Recife, Anais...recife, S.B.F. v.I.*, 111-122-
- Guimarães, W., Alves, M. & Roberto, N. (2012).** Antocianinas em extractos vegetais:

aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrofotometria de massas. *Quim. Nova.* 35 (8), São Paulo.

- Hagen, S. F., Borge, G. I. A., Soulhag, K. A. & Bengtsson, G. B. (2009).** Effect of cold storage and harvest date on bioactive compounds in curly kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Postharvest Biology and Technology.* 51, 36–42.
- Halliwell, B. e Gutteridge, J. M. C. (1999).** *Free Radical in Biology and Medicine.* UK : Oxford University Press, p. 617.
- Halliwell, B. (2006).** Oxidative stress and neurodegeneration: where are we now? *J Neurochem.* 97, 1634–1658.
- Han, X., Shen, T. & Lou, H. (2007).** Dietary polyphenols and their biological significance. *Int. J. Mol. Sci.,* 8, 950–988.
- Hasegawa, K. & Bunseki, S. (1993).** *Food Analysis, in Japanese.* Tokyo : Baifukan, 72, 5.
- Hayakawa, K. & Timbers, G. E. (1977).** Influence of heat treatment on the quality of vegetables: changes in visual green colour. *Journal of Food Science.* 42 (3), 778–781.
- He, Q. & Luo, Y. (2007).** Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review.* 6-3.
- Heinen, M.M., Hughes, C. M., Ibiebele, T. I., Green, A. C. & Marks, G. C. (2007).** Intake of antioxidant nutrients and the risk of skin cancer. *Eur. J. Cancer.* 43, 2707–2716.
- Heinrich, U. & Gartner, C. (2003).** Supplementation with beta-carotene or a similar amount of mixed carotenoids protects humans from UV-induced erythema. *J. Nutr.* 133, 98–101.
- Holden, J.M., Rahman, S. M. M. (2011).** Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. *Food Research International.* 44, 672–676.
- Huang, D., Ou, B. & Prior, R. L. (2005).** *J. Agric. Food Chem.* 53, 1841.
- Icier, F., Yildiz, H. & Baysal, T. (2006).** Peroxidase inactivation and colour changes during ohmic blanching of pea puree. *Journal of Food Engineering.* 74 (3), 424–429.
- Ihl, M., Monsalves, M. & Bifani, V. (1998).** Chlorophyllase inactivation as a measure of blanching efficacy and colour retention of artichokes (*Cynara scolymus* L.). *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie.* 31, 50–56.
- Insel, P., Turner, R. E. & Ross, D. (2002).** *Nutrition. An Update of 2001 edition.* American Dietetic Association. Sudbury MA : Jones and Bartlett Publishers.
- Jacob, R. A. & Sotoudeh, G. (2002).** Vitamin C function and status in chronic disease. *Nutrition in Clinical Care.* 5, 66–74.
- Johnson, E.J. (2002).** The role of carotenoids in human health. *Nutr Clin Care.* 5 (2), 47–9.
- Jongen, W. (2002).** Fruit and Vegetable Processing - Improving Quality. [autor do livro] H.S. Ramaswamy e C.R. Chen. *Maximising the Quality of Thermally Processed Fruits and Vegetables.* s.l. : Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC.
- Kabir, H. (1994).** Fresh-cut vegetables. [autor do livro] A. L. Brods e V. A. Herndon. *Modified atmosphere food packaging.* Naperville, Illinois : Institute of Packaging Professionals, 155-160.

- Kamimura, T., Saito, M. A., Mansi, D. N. & Salgado, J. M. (????).** Potencial antioxidante e polifenóis totais em polpas de fruta in natura e em combinações. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- Kehrer, J. P. (1993).** Free radicals as mediators of tissue injury and disease. *Critical Reviews in Toxicology*. 23, 21–48.
- Khachik, F. & Carvalho, L. (2002).** Chemistry, distribution, and metabolism of tomato carotenoids and their impact on human health. *Exp. Biol. Med. (Maywood)*. 227, 845–851.
- Kim, D. O.; Jeong, S. W. & Lee, C. Y. (2003)** Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.*, 81 (3), 321-326, 2003.
- Kramer, G. F. & Wang, C. Y. (1989).** Correlation of reduced chilling injury with increased spermine and spermidine levels in zucchini squash. *Physiology Plant*. 76, 479–484.
- Krinsky, N.I. (1994).** The biological properties of carotenoids. *Pure and Applied Chemistry*. 66, 1003–1010.
- Kroon, P. & Williamson, G. (2005).** Polyphenols: dietary components with established benefits to health? *J. Sci. Food Agric.*, 85, 1239–1240.
- Kuskoski, E. M.; Asuero, G. A.; Troncoso, A. M.; Mancini-Filho, J. & FETT, R. (2005).** Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 25 (4), 726-732.
- Lacasse, D. (1995).** Contaminantes e Deterioração dos Alimentos. *Introdução à Microbiologia Alimentar*. Lisboa : INSTITUTO PIAGET, pp. 251-279.
- Lachance, P. A., Nakat, Z. & Jeong, W. (2001).** Antioxidants: an integrative approach. *Nutrition*. 17, 835–838.
- Labib, A. A. S.; El-Ashwak, F. A.; Omran, H. T. & Askar, A. (1995).** Heatinactivation of mango pectinesterase and polygalacturonase. *Food Chemistry*, 53, pp.137-142.
- Landl, A., Sárraga, C. & Picouet, P. A. (2010).** Effect of high pressure processing on the quality of acidified *Granny Smith* apple purée product. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 557–564.
- Landrum, J.T. & Bone, R.A. (2001).** Lutein, zeaxanthin, and the macular pigment. *Archives Biochem. Biophys.* 385, 28–40.
- Lee, J. E., Giovannucci, E. & Willet, W. C. (2006).** Intakes of fruits, vegetables, vitamins A, C, and E, and carotenoids and risk of renal cell cancer, *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 15, 2445–2452.
- Lee, S.K. e Kader, A.A. (2000).** Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207–220.
- Li, P. M., Du, G. R. e Ma, F. W. (2011).** Phenolics concentration and antioxidant capacity of different fruit tissues of astringent versus non-astringent persimmons. *Sci. Hortic.*, 129, 710–714.

- Lima, K. (2004).** Efeito das baixas doses de irradiação nos carotenóides majoritários em cenouras prontas para o consumo. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 24 (2), Campinas.
- Luo, Y. & Barbosa, G. (1997).** Enzymatic browning and its inhibition in new apple cultivars slices using 4- hexylresorcinol in combination with ascorbic acid. *Food Science and Technology International*, 3 (3), 195–201.
- Machlin, L.J. (1995).** Critical assessment of epidemiological data concerning the impact of antioxidant nutrients on cancer and cardiovascular disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35, 41–50.
- Manica, I. (1999).** Fruticultura tropical: 5. Abacaxi. Porto Alegre: Cinco continentes.
- Martin, R. E.; Flick, G. J.; Hebard, C. E. & Ward, D. R. (1982).** *Chemistry and biochemistry of marine food products*. Westport: AVI, 1982.
- Martínez, J. A. (1998).** Fundamentos teórico-prácticos de Nutrición y dietética. España: McGraw-Hill, Interamericana.
- Martins, M. L. L. (1992).** *Inativação Térmica e Regeneração da Peroxidase de Feijão Verde - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Lisboa : UTL / ISA.
- Matuschek, E. & Svanberg, U. (2005).** The effect of fruit extracts with polyphenol oxidase (PPO) activity on the in vitro accessibility of iron in high-tannin sorghum. *Food Chemistry*. 90, 765–771.
- McEvily, A. J., Iyengar, R. & Otwell, W. S. (1992).** Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 32 (3), 253–273.
- Meinke, M. C., Darvin, M. E. & Vollert, H. (2010).** Bioavailability of natural carotenoids in human skin compared to blood. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 76, 269–274.
- Melo, E. A., Maciel M. I. S., Lima, V. A. G. L. & Nascimento, R. J. (2008).** Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, São Paulo*, 44 (2), 193-201.
- Ming-Jun, L., Pu, F., Zhang, M. & Ma, F. W. (2008).** Distribution and metabolism of ascorbic acid in apple fruits (*Malus domestica* Borkh cv. Gala). *Plant Science*. Vol. 174, pp. 606–612.
- Moretti, R. H. & Hinojosa, G. R. (1982).** Industrialização do abacaxi. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ABACAXICULTURA, 1º Anais...Jaboticabal*, UNESP, 301-319.
- Müller, L., Gnoyke, S., Popken, A. M. & Bohm, V. (2010).** Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. *LWT – Food Science and Technology*. 43, 992-999.
- Murkovic, M., Muelleder, U. & Neunteufl, H. (2002).** Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis*. 15, 633–638.
- Neto, R.C. & Faria, J. (1999).** Fatores que influem na qualidade do suco de laranja. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 19 (1).

- Nishikimi, M. & Yagi, K. (1991).** Molecular basis for the deficiency in humans of gulonolactone oxidase, a key enzyme for ascorbic acid biosynthesis. *Am J Clin Nutr*, 54, 1203S–1208S.
- Nishino, H., et al. (2009).** Cancer prevention by carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 483, 165–168.
- Nguyen-the, C. & Carlin, F. (1994).** The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 34, 371–401.
- Norton, T. & Sun, D. W. (2008).** Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food and Bioprocess Technology*, 1 (1), 2–34.
- O’Beirne, D. e Francis, G. A. (2003).** Novel food packaging techniques. [autor do livro] R. Ahvenainen. *Reducing the pathogen risk in MAP-prepared produce*. Cambridge, UK : Woodhead Publishing Limited/CRC Press LLC, 231-286.
- Oliveira, A. C. (2008).** Capacidade Antioxidante de Farinhas de Resíduos de Frutas Tropicais. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde)-Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.
- Olson, J. A. (1994).** Carotenoids: Absorption, transport, and metabolism of carotenoids in humans. *Pure and Applied Chemistry*. 66, 1011–1016.
- Othman, N. B., Rodlain, D. & Thonart, P. (2008).** Tunisian table olive phenolic compounds and their antioxidant capacity. *Journal of Food Science*. 73, C235–C240.
- Oszmianski, J., Wojdyło, A. & Kolniak, J. (2011).** Effect of pectinase treatment on extraction of antioxidant phenols from pomace, for the production of puree-enriched cloudy apple juices. *Food Chemistry*. 127, 623–631.
- Paiva, S. & Russell, R. (1999).** Beta carotene and other carotenoids as antioxidants. *J Am Coll. Nutr*. 18, 426–33.
- Pénicaud, C., Peyron, S. & Bohuon, P. (2010).** Ascorbic acid in food: Development of a rapid analysis technique and application to diffusivity determination. *Food Research International*, 43, 838–847.
- Pfander, H. (1987).** *Key to Carotenoids*. Basel : Birkhäuser Verlag.
- Py, C. (1969).** La Pina tropical. Editorial Blume, Barcelona, 278.
- Py, C. & Tisseau, M. A. (1973).** L’ Ananas. Maisonneuve & Larose, Paris, 298.
- Py, C., Lacoëuilhe, J. J., & Teisson, C. (1987).** L’ananas: sa aculture, ses produits. G.-P. Maisonneuve et Larose France.
- Quirós, Rodríguez-Bernaldo A., Fernández-Arias, M. e López-Hernández, J. (2009).** A screening method for the determination of ascorbic acid in fruit juices and soft drinks. *Food Chemistry*. 116, 509–512.
- Quirós, Rodríguez-Bernaldo, A. e Costa, H. (2006).** Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 97–111.

- Ramallo, L.A. & Mascheroni, R.H. (2012).** Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. *Food and Bioproducts Processing*, 90, 275-283.
- Rao, A. V. & Rao, L. G. (2007).** Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55, 207–216.
- Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N. e Srichumpoung, W. (2005).** Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering*. 66, 259–265.
- Reddy, C.V. K., Sreeramulu, D. & Raghunath, M. (2010).** Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. *Food Research International*. 43, 285–288.
- Regulamento (EU) nº 1129/2011 da Comissão de 11 de Novembro de 2011.**
- Reinhardt, D. H. R & Medina, V. M. (1992).** Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 27 (3), 435-447.
- Ribeiro, E. P. & Seravalli, E. A. G. (2007).** *Química de Alimentos*. 2ª. São Paulo - Brasil : Editora Edgard Blücher Ltda.
- Rizzolo, A. & Polesello, S. (1992).** *J. Chromatogr.*, 103, 624.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (1999).** A guide to carotenoid analysis in foods. *Washington: International Life Sciences Institute (ILSI) Press*.
- Roy, M. K., Takenaka, M., Isobe, S. & Tsushida, T. (2007).** Antioxidant potential, anti-proliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: Effects of thermal treatment. *Food Chemistry*. 103, 106–114.
- Rudra, S. G., Shivare, U. S., Basu, S. & Sarkar, B. C. (2008).** Thermal inactivation kinetics of peroxidase in coriander leaves. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 187–195.
- Sancho, L. E.G. G., Yahia, E. M. & González-Aguilar, G. A. (2011).** Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. *Maradol*) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. *Food Research International*. 44, 1284–1291.
- Sander, H.C.S., Chang, H. & Ham, F. (2004).** Thiele, Role of oxidative stress and the antioxidant network in cutaneous carcinogenesis. *Int. J. Dermatol*. 43, 326–335.
- Sangeetha, R. K. & Baskaran, V. (2010).** Carotenoid composition and retinol equivalent in plants of nutritional and medicinal importance. Efficacy of b-carotene from *Chenopodium album* in retinol-deficient rats. *Food Chemistry*, 119, 1584–1590.
- Sarzi, B. & Durigan, J. F. (2002).** Avaliação física e química de produtos minimamente processados de abacaxi 'Pérola'. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 24 (2), 333-337.
- Silva, M. A. (1980).** Fisiologia pós-colheita de abacaxi. Cvs. Pérola e Smooth Cayenne. Campinas, (Tese, UNICAMP).

- Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventos, R. M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Follin-ciocalteu reagent. *Methods of Enzymology*, 299, 159-178.
- Soliva-Fortuny, R. C., et al. (2002).** Kinetics of polyphenol oxidase activity inhibition and browning of avocado purée preserved by combined methods. *Journal of Food Engineering*. 55, 131–137.
- Spironello, A. Nagai, V. & Teófilo, J. (1995).** Avaliação agrotecnológica de variedades de abacaxizeiro, conforme os tipos de muda, em Cordeirópolis (SP). *Bragantia, Campinas*, 56 (2), 343-355.
- Stahl, W. & Sies, H. (2003).** Antioxidant activity of carotenoids. *Mol. Aspects Med.* 24, 345–351.
- Stevenson, D.E. & Hurst, R.D. (2007).** Polyphenolic phytochemicals—just antioxidants or much more? *Cell. Mol. Life Sci.* 64, 2900–2916.
- Thé, P. M. P., Carvalho, V. D. & Abreu, C. M. P. (2001).** Efeito da temperatura e armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi cv. 'Smooth Cayenne' L. *Ciências Agrotécnicas, Lavras*, 25 (2), 356-363.
- Tiwari, B., Torres, B. & Patras, A. (2011).** Stability of antocyanins and ascorbic acid of high pressure processed blood orange juice during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*.
- Treutter, D. 2005.** Significance of flavonoids in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. *Plant Biol.* 2005, 7, 581–591.
- Valderrama, P. & Clemente, E. (2004).** Isolation and thermostability of peroxidase isoenzymes from apple cultivars *Gala* and *Fuji*. *Food Chemistry*, 87, 601–606.
- Viana, E. S., Reis, R. C. & Jesus, J. L. (2013).** Caracterização físico-química de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose. *Ciência rural, Santa Maria*, 43 (7), 1155-1161.
- Washko, P., Rotrosen, D. & Levine, M. (1991).** Ascorbic acid in human neutrophils. *Am J Clin Nutr.* 54, 1221S–1227S.
- Wisniewska, A. & Subczynski, W. K. (2006).** Accumulation of macular xanthophylls in unsaturated membrane domains. *Free Radical Biology & Medicine*. 40, 1820–1826.
- Whitaker, J. R. & Lee, C. Y. (1995).** Recent advances in chemistry of enzymatic browning. An overview. *ACS Symposium Series*. 600, 2–7.
- Wolfe, K., Wu, X. & Liu, R. H. (2003).** Antioxidant activity of apple peels. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 51, pp. 609–614.
- Zhu, Y., Pan, Z. & Barret, D. M. (2010).** Processing and quality characteristics of apple slices processed under simultaneous infrared dryblanching and dehydration with intermittent heating. *Journal of Food Engineering*. 2010, 97, 8–16.



# Cibergrafia

<https://grupiv.wordpress.com/2009/11/03/metodo-dpph/>. Acesso em 10/10/2015.

[www.aromaticasvivas.com/pt/ervas-aromaticas-vivas/stevia.aspx](http://www.aromaticasvivas.com/pt/ervas-aromaticas-vivas/stevia.aspx). Acesso em 01/10/2015.

<http://www.mundoeducacao.com/quimica/terpenosalcadienos-importantes-nossa-vida.htm>. Acesso em 25/09/2015

## Anexos

### Anexo 1

## Prova de Polpas de abacaxi

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_ Habilitações literárias: \_\_\_\_\_

Para as seguintes amostras assinale qual a intensidade de sensação dos atributos.

#### Amostra PSA:

Acidez PSA	Nada ácido	Pouco ácido	Moderadamente ácido	Muito ácido	Excessivamente ácido

#### Amostra PCA:

Acidez PCA	Nada ácido	Pouco ácido	Moderadamente ácido	Muito ácido	Excessivamente ácido

Notou alguma diferença entre as duas amostras?	Sim	Não

Caso tenha respondido “sim” diga qual a diferença. Também pode fazer sugestões de melhoria de algum atributo da polpa (sabor doce ou textura, por exemplo):

Obrigado pela sua colaboração!

## Anexo 2

# Prova Sensorial de uma bebida de sumo de casca de abacaxi

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_

Para as seguintes amostras assinale qual a intensidade de sensação dos atributos.

### Amostra SCA:

Cor geral SCA	Muito clara	Clara	Moderada	Escura	Muito escura

Acidez SCA	Nada ácido	Pouco ácido	Moderadamente ácido	Muito ácido	Excessivamente ácido

Doce SCA	Nada doce	Pouco doce	Moderadamente doce	Muito doce	Excessivamente doce

Apreciação global	Não gosto nada	Gosto pouco	Gosto moderadamente	Gosto	Gosto muito

SCA					
-----	--	--	--	--	--

Intenção de compra SCA	Não compraria	Provavelmente não compraria	Talvez comprasse	Provavelmente compraria	Compraria

**Amostra SCS:**

Cor geral SCS	Muito clara	Clara	Moderada	Escura	Muito escura

Acidez SCS	Nada ácido	Pouco ácido	Moderadamente ácido	Muito ácido	Excessivamente ácido

Doce SCS	Nada doce	Pouco doce	Moderadamente doce	Muito doce	Excessivamente doce

Apreciação global SCS	Não gosto nada	Gosto pouco	Gosto moderadamente	Gosto	Gosto muito

Intenção de compra SCS	Não compraria	Provavelmente não compraria	Talvez comprasse	Provavelmente compraria	Compraria

Sugestões de melhoria de algum atributo de ambas as bebidas (sabor doce ou acidez, por exemplo):

--

Obrigado pela sua colaboração!

### Anexo 3

## Prova Sensorial de bebidas com sumo de casca de abacaxi

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_

Para as seguintes amostras assinale qual a intensidade de sensação dos atributos.

#### Amostra ABC:

Cor geral	Muito clara	Clara	Moderada	Escura	Muito escura

Acidez	Nada ácido	Pouco ácido	Moderadamente ácido	Muito ácido	Excessivamente ácido

Doce	Nada doce	Pouco doce	Moderadamente doce	Muito doce	Excessivamente doce

--	--	--	--	--	--

Apreciação global	Não gosto nada	Gosto pouco	Gosto moderadamente	Gosto	Gosto muito

Intenção de compra	Não compraria	Provavelmente não compraria	Talvez comprasse	Provavelmente compraria	Compraria

**Amostra DEF:**

Cor geral	Muito clara	Clara	Moderada	Escura	Muito escura

Acidez	Nada ácido	Pouco ácido	Moderadamente ácido	Muito ácido	Excessivamente ácido

Doce	Nada doce	Pouco doce	Moderadamente doce	Muito doce	Excessivamente doce

Apreciação global	Não gosto nada	Gosto pouco	Gosto moderadamente	Gosto	Gosto muito

Intenção de compra	Não compraria	Provavelmente não compraria	Talvez comprasse	Provavelmente compraria	Compraria

**Amostra GHI:**

Cor geral	Muito clara	Clara	Moderada	Escura	Muito escura

Acidez	Nada ácido	Pouco ácido	Moderadamente ácido	Muito ácido	Excessivamente ácido

--	--	--	--	--	--

Doce	Nada doce	Pouco doce	Moderadamente doce	Muito doce	Excessivamente doce

Apreciação global	Não gosto nada	Gosto pouco	Gosto moderadamente	Gosto	Gosto muito

Intenção de compra	Não compraria	Provavelmente não compraria	Talvez comprasse	Provavelmente compraria	Compraria

Sugestões de melhoria de algum atributo de alguma bebida (sabor doce ou acidez, por exemplo):

Obrigado pela sua colaboração!

)